



Universitat de Lleida

TRABAJO FINAL DE GRADO



ESCOLA
POLITÈCNICA SUPERIOR
UNIVERSITAT DE LLEIDA
INSPIRING THE FUTURE

Estudiante: Berta Lisa Domper

Titulación: Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

Título de Trabajo Final de Grado: Filtrado de la señal de ritmo cardiaco basado en la transformada de Hilbert

Director/a: Francisco Claria Sancho

Presentación

Mes: Julio

Año: 2018

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. ELECTROCARDIOGRAMA (ECG)	3
1.2. INTERVALO RR	3
1.2.1. OBTENCIÓN DE LA SECUENCIA RR	4
1.2.2. INTERPOLACIÓN CON SPLINES CÚBICOS	5
1.2.3. COMPONENTES FRECUENCIALES Y MUESTREO DE LA SEÑAL $RR(t)$	6
1.3. FILTRADO ADAPTATIVO	8
2. OBJETIVOS	10
2.1. SUBOBJETIVOS	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1. BASES DE DATOS	12
3.2. TRATAMIENTO PREVIO DE LA SEÑAL	13
3.3. CONTAMINACIÓN	16
3.4. TRANSFORMADA DE HILBERT Y SEÑAL ANALÍTICA	17
3.5. PARAMETROS DE AJUSTE	22
3.5.1. SEÑALES SIMULADAS	23
3.5.2. SEÑALES REALES	24
4. RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON OTROS FILTROS	26
4.1. COMPARATIVA	26
4.2. ERROR	28
4.3. COHERENCIA ESPECTRAL	31
5. CONCLUSIONES	34
6. PLANIFICACIÓN TEMPORAL DE LAS TAREAS REALIZADAS	35
7. BIBLIOGRAFIA	36
8. ANEXO DE DATOS	37
8.1. SIMULADAS DE DIA	37
8.1.1. $PICOS = 0.1$	37
8.1.2. $PICOS = 0.25$	37

8.1.3.	<i>PICOS = 0.5</i>	38
8.1.4.	<i>PICOS = 0.75</i>	39
8.1.5.	<i>PICOS = 1</i>	39
8.1.6.	<i>PICOS = 1.5</i>	40
8.2.	SIMULADAS DE NOCHE	41
8.2.1.	<i>PICOS = 0.1</i>	41
8.2.2.	<i>PICOS = 0.25</i>	41
8.2.3.	<i>PICOS = 0.5</i>	42
8.2.4.	<i>PICOS = 0.75</i>	43
8.2.5.	<i>PICOS = 1</i>	43
8.2.6.	<i>PICOS = 1.5</i>	44
8.3.	REALES DE DIA.....	45
8.3.1.	<i>PICOS = 0.1</i>	45
8.3.2.	<i>PICOS = 0.25</i>	45
8.3.3.	<i>PICOS = 0.5</i>	46
8.3.4.	<i>PICOS = 0.75</i>	47
8.3.5.	<i>PICOS = 1</i>	47
8.3.6.	<i>PICOS = 1.5</i>	48
8.4.	REALES DE NOCHE.....	49
8.4.1.	<i>PICOS = 0.1</i>	49
8.4.2.	<i>PICOS = 0.25</i>	49
8.4.3.	<i>PICOS = 0.5</i>	50
8.4.4.	<i>PICOS = 0.75</i>	51
8.4.5.	<i>PICOS = 1</i>	51
8.4.6.	<i>PICOS = 1.5</i>	52

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ELECTROCARDIOGRAMA (ECG)

El electrocardiograma (ECG) es una prueba que registra la actividad eléctrica del corazón mediante electrodos colocados en la superficie del cuerpo. El origen se encuentra en las células del músculo cardíaco, las cuales pueden ser excitadas eléctricamente, produciéndose un transporte de iones a través de su membrana, lo cual induce un potencial eléctrico variable en el interior y en el exterior. Además, estas señales pueden presentar ruido debido a otros procesos fisiológicos o a interferencias externas que deben ser filtrados, para apreciar la señal correctamente.

Algunos de los comportamientos anormales en el ciclo cardíaco se pueden ver reflejados en la morfología del ECG, como por ejemplo en el caso de las isquemias o infartos cardíacos. Por lo tanto, el análisis temporal y frecuencial de este registro permite diagnosticar o prevenir algunas de las enfermedades cardíacas. Otro de los análisis de esta señal para obtener signos de anomalías cardíacas es observar la variabilidad del ritmo cardíaco. En este análisis está basado este trabajo.

1.2. INTERVALO RR

El intervalo RR o ritmo cardíaco puede definirse como la sucesión temporal de todos los latidos del corazón. La prueba electrocardiográfica crea un registro de la actividad cardíaca, que refleja los impulsos eléctricos que estimulan el corazón, por tanto, un comportamiento repetitivo que corresponde a los latidos.

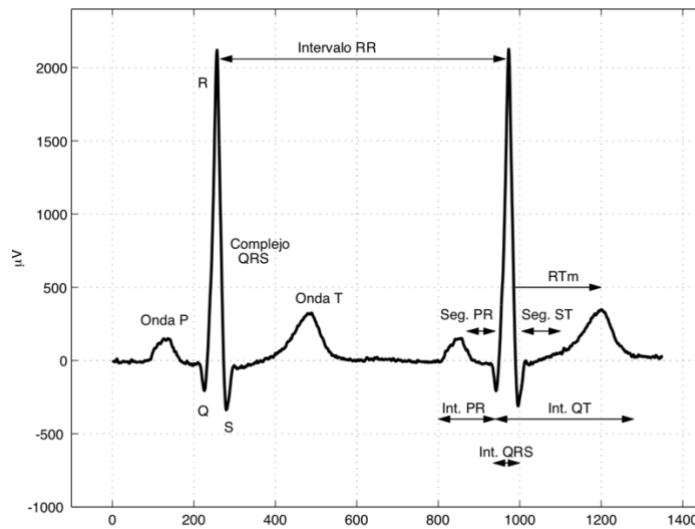


Figura 1.01: Intervalo RR.

La actividad eléctrica generada por el corazón se encuentra en el rango de los milivoltios (para la amplitud de voltaje) y de los milisegundos (para la duración de los eventos). El electrocardiograma tiene componentes de alta frecuencia y componentes de baja frecuencia. Los primeros son aquellos que muestran un cambio rápido en la señal y corresponden al complejo QRS (particularmente la onda Q y el complejo QRS). Los segundos son las ondas P, T y U.

Observando los sucesivos latidos o complejos QRS en un electrocardiograma se puede decir que:

- La morfología del ECG varía latido a latido
- La separación temporal entre latidos varía

1.2.1. OBTENCIÓN DE LA SECUENCIA RR

La señal que se obtiene del electrocardiograma al detectar los intervalos temporales entre latidos, normalmente entre complejos QRS representa una secuencia de muestras que no están igualmente espaciadas, es decir en las que no se tiene especificado un periodo de muestreo. Esta particularidad dificulta la obtención del espectro de la señal. Por esta causa la secuencia RR, así adquirida, no es la más adecuada para realizar un análisis espectral. Un procedimiento para obtener una secuencia RR más adecuada es la que sitúa el intervalo RR (muestra) en el instante en que se produce el complejo QRS (pico de onda R).

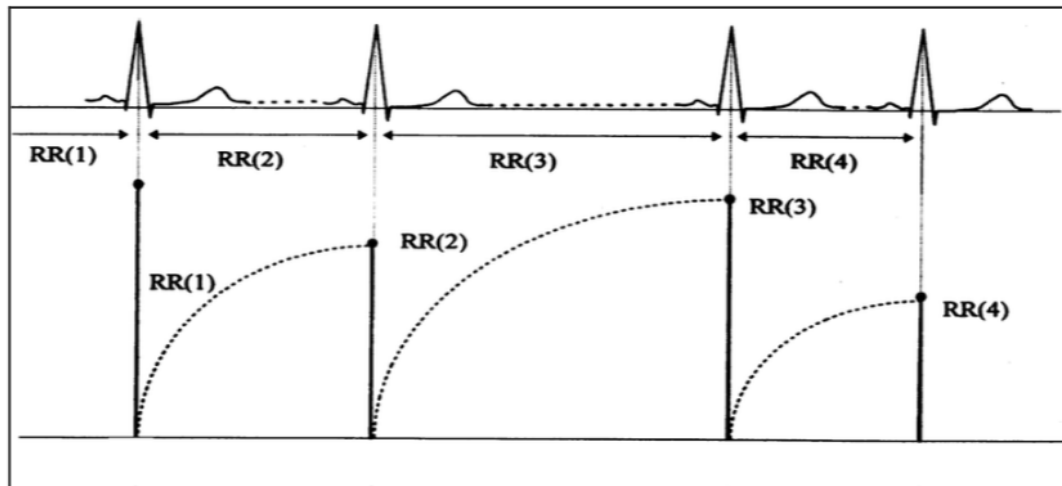


Figura 1.02: Ubicación de una secuencia RR en el eje de tiempo.

Si la secuencia modificada es interpolada con un método adecuado, se obtiene una señal $RR(t)$ que describe la tendencia de cambio del intervalo RR y puede ser usada para realizar un muestreo uniforme, útil para aplicar técnicas espectrales.

1.2.2. INTERPOLACIÓN CON SPLINES CÚBICOS

Una vez el intervalo RR se sitúa en el instante en que se produce el complejo QRS, se procede a la obtención de la señal $RR(t)$ (Figura 1.03). Para este propósito se puede rechazar de forma evidente la interpolación polinómica pues presenta un fenómeno oscilatorio en los extremos de la señal cuando el polinomio ha de ser de orden alto, lo que es necesario debido al número de muestras seleccionadas.

Un enfoque alternativo, consiste en usar funciones de interpolación que estén construidas en los diferentes subintervalos del dominio de nuestra secuencia numérica. La aproximación con funciones de este tipo se llama aproximación polinómica segmentaria. El tipo más simple de aproximación polinómica segmentaria es la interpolación lineal.

La desventaja de enfocar un problema de aproximación, usando funciones de este tipo, es que en cada uno de los extremos de los intervalos no hay ninguna seguridad de la diferenciabilidad lo cual, en un contexto geométrico, significa que la función de interpolación no es "lisa" en esos puntos. Por esta razón se recurre a interpolaciones segmentarias cuadráticas y cúbicas de forma que se pueda imponer condiciones sobre la derivada en los puntos que unen los distintos subintervalos escogidos.

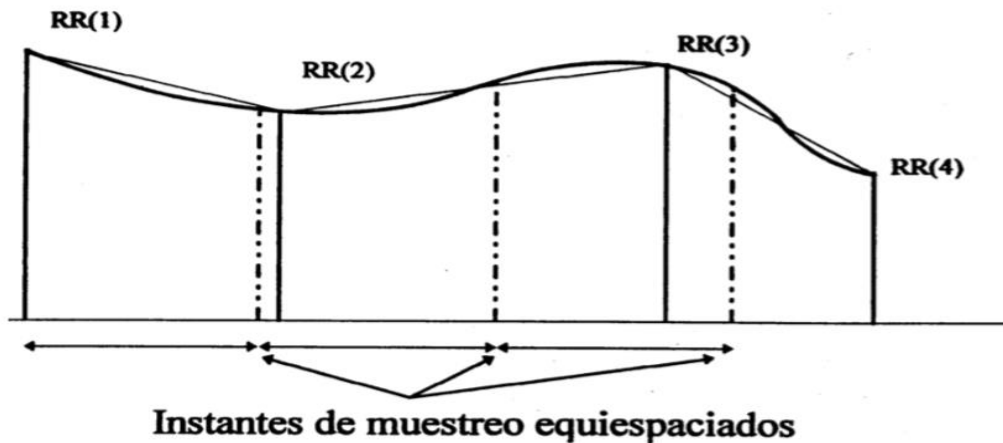


Figura 1.03: Interpolación y muestreo de la secuencia RR .

La aproximación segmentaria más común usando polinomios cúbicos entre parejas sucesivas de nodos se suele llamar interpolación con splines cúbicos.

1.2.3. COMPONENTES FRECUENCIALES Y MUESTREO DE LA SEÑAL $RR(t)$

Las componentes frecuenciales de la señal $RR(t)$ están entre continua y 0.5 Hz tal y como se muestra en muchos trabajos. Lo más interesante es saber cuáles son los diferentes márgenes frecuenciales que están asociados a los diferentes mecanismos que modulan el ritmo cardíaco. Estos son:

- *LF (Low frequency)*: No se tiene una evidencia de que se deba sólo a una activación de los mecanismos del sistema nervioso autónomo. El margen de baja frecuencia se considera aproximadamente desde 0.01 Hz hasta 0.07 Hz.
- *MF (medium frequency)*: Margen que se considera centrado alrededor de 0.1 Hz y que está asociado a un aumento del tono simpático, ampliamente demostrado con experimentos farmacológicos. Se considera este margen desde 0.07 Hz hasta 0.15 Hz.

- *HF (high frequency)*: Componente síncrona con el período respiratorio y que es considerada como un marcador del control vagal sobre el ritmo cardiaco. Este margen está comprendido aproximadamente entre 0.15 Hz y 0.45 Hz.

La energía de la señal en estos márgenes de frecuencias es un índice básico en estudios de la variabilidad del ritmo cardiaco.

Como se ha visto en los últimos apartados se ha obtenido la señal $RR(t)$, de la que se puede extraer información frecuencial con técnicas espectrales estándar partiendo de la transformada de Fourier. Como la señal $RR(t)$ no suele tener componentes de frecuencia superiores a 0.5 Hz y tiene una característica paso bajo, es suficiente con muestrear a 1 Hz. En la actualidad y dado que las componentes frecuenciales de la señal, en alguna ocasión, pueden ir un poco más allá de los 0.5 Hz la frecuencia de muestreo habitual es 2 Hz.

A continuación, en la figura 1.04 se muestra un ejemplo de como actúa este tipo de interpolación sobre la señal que se está analizando.

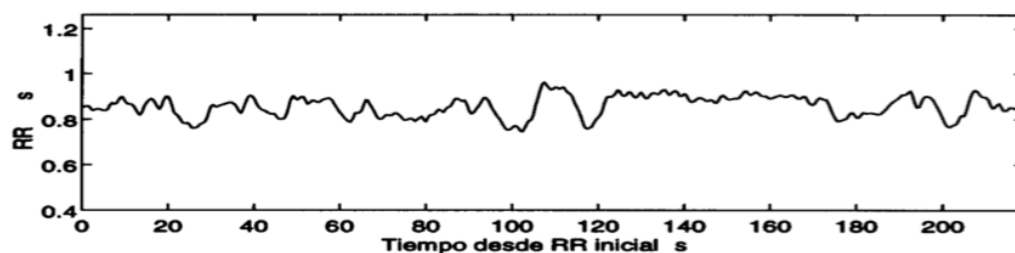


Figura 1.04: Señal RR interpolada y muestreada

En algunos trabajos, se ponen objeciones al procedimiento que se ha descrito anteriormente (obtención de la secuencia temporal y muestreo de la misma), indicando que hay un efecto de filtro paso bajo que puede distorsionar las componentes de alta frecuencia del espectro. Sin embargo esto solo se produce cuando la secuencia está contaminada por diferentes tipos de artefactos, ajenos a la propia señal $RR(t)$. En cualquier caso la señal $RR(t)$ así obtenida puede seguir siendo procesada con objeto de liberarla de estos artefactos añadidos.

1.3. FILTRADO ADAPTATIVO

Estudios realizados por diferentes grupos de investigación han demostrado claramente la importancia de la variabilidad del ritmo cardiaco (HRV) como predictor de complicaciones en pacientes postinfarto de miocardio.

Las medidas de HRV resultan clínicamente más útiles, cuando son adquiridas a partir de registros Holter de larga duración (24 h) de señales electrocardiográficas (ECG). Para la generación de la secuencia RR, obtenida como el tiempo transcurrido entre cada latido, la señal ECG debe primeramente sufrir una conversión analógica/digital y pasar después por un proceso de reconocimiento de cada complejo QRS, a fin de identificar cada latido.

La secuencia de intervalos RR puede ser procesada de muchas maneras para medir la HRV. Se han realizado estudios en el dominio temporal y en el dominio frecuencial. Los métodos usados en el dominio frecuencial han mostrado ser muy sensibles a las contaminaciones introducidos tanto en la fase de reconocimiento automático de la señal ECG como en la fase de adquisición de la misma.

Se utiliza un proceso de filtrado orientado a la eliminación de picos durante la obtención de la señal RR. Este tipo de filtrado puede introducir componentes adicionales en el espectro de la señal RR. Además, por su propia naturaleza la señal RR no es estacionaria en media y tampoco en varianza, pudiéndose presentar variaciones muy acentuadas en el ritmo cardiaco que hacen extremadamente difícil conservar la originalidad de esta señal durante su procesado, sobre todo si existe contaminación en zonas de cambios acusados. Por ello parece aconsejable filtrar los picos, en alguna medida, de manera adaptativa.

Los métodos que actualmente se utilizan para suprimir la contaminación por picos consisten en su eliminación mediante filtrado clásico y la sustitución de picos por interpolación y por predicción basándose en algún tipo de filtrado adaptativo.

Por esta razón es necesario plantear la realización de un filtro capaz de detectar picos en la secuencia RR con un alto nivel de eficacia, y sustituirlos por valores tales que no modifiquen las características estadísticas de la secuencia y por tanto tampoco sus características espectrales. Un filtro de este tipo, basado en la transformada de Hilbert y orientado al filtrado de señales electrocardiográficas, ha sido propuesto por Meliá et al [1]. Sin embargo la aplicación directa al filtrado de secuencias RR no es posible, dado que existen diferencias sustanciales entre una señal y otra. La señal ECG tiene un rango de frecuencias mayor y su valor medio no es relevante.

Por otra parte la señal RR, que es menos estacionaria que la señal ECG, contiene frecuencias muy bajas que deben ser preservadas y su valor medio sí es significativo.

Se propone la modificación de este tipo de filtrado adaptativo basado en la transformada de Hilbert para adaptarlo a la señales RR. Este tipo de filtro, que no necesita señal de referencia, está orientado a la eliminación de artefactos del tipo pico que suelen ser producidos por la pérdida de latidos en los registros de la señal electrocardiográfica. Este filtro permite procesar largas secuencias RR sin introducir discontinuidades ni rupturas apreciables en la señal filtrada, lo que constituiría otra ventaja adicional en un análisis de la señal RR mediante técnicas espectrales al no introducir componentes adicionales.

En este trabajo se realizará un estudio comparativo entre métodos de sustitución de picos, una vez detectados, con objeto de verificar de una forma objetiva la capacidad de estos métodos para preservar el contenido frecuencial de la señal RR cuando ésta se ve afectada de la contaminación.

2. OBJETIVOS

Se propone:

- Modificar un filtro adaptativo basado en la transformada de Hilbert orientado a la eliminación de ruido formado por picos de elevada amplitud en las señales RR.
- Realizar un estudio comparativo con otros tipos de filtros para verificar su operatividad.

Se utiliza el entorno de programación Matlab para implementar funciones que permita procesar señales de ritmo cardiaco provenientes de la base de datos que se dispone. Esta base de datos ha sido cedida específicamente por el *Department of ESAll y del Centre for Biomedical Engineering Research, de la Universitat Politècnica de Catalunya*.

La idea subyacente de este tipo de filtro se implementa mediante un proceso que consiste en calcular la señal analítica de la secuencia RR utilizando la transformada de Hilbert. A partir de la señal analítica obtener una envolvente patrón que sea lo más parecida posible a la envolvente de la señal original sin contaminación. Para ello la señal envolvente patrón será ajustada a un determinado ancho de banda y se filtrará para liberarla de picos. Posteriormente esta envolvente patrón se usará como un umbral dinámico, a ajustar mediante algún coeficiente, que permita discriminar entre muestras de señal y muestras ruidosas de pico.

2.1. SUBOBJETIVOS

Para poder lograr el filtrado deseado se precisará:

- Diseñar un nuevo filtro adaptativo basado en los mismos principios que el diseñado para señales electroencefalográficas, pero modificado para aceptar señales RR.
- Encontrar los mejores parámetros de ajuste en función del ancho de banda las señales RR.
- Confeccionar funciones en código Matlab tanto para la implementación del filtro adaptativo Hilbert, determinar parámetros y para realizar la pruebas comparativas con otros tipos de filtros.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. BASES DE DATOS

La base de datos ha sido cedida específicamente por el *Department of ESAll y del Centre for Biomedical Engineering Research, de la Universitat Politècnica de Catalunya*. A causa de la variabilidad de del ritmo cardiaco, la cual está relacionada con las fluctuaciones periódicas en el ritmo cardiaco, estas tienen diferentes características frecuenciales en los periodos diurnos y nocturnos (figura 3.01). A causa de esto se debe crear bases de datos separadas para las señales de RR tomadas durante el día y para las señales de RR tomadas durante la noche ya que deben ser tratadas de diferente manera en las filtraciones y sus parámetros de ajuste.

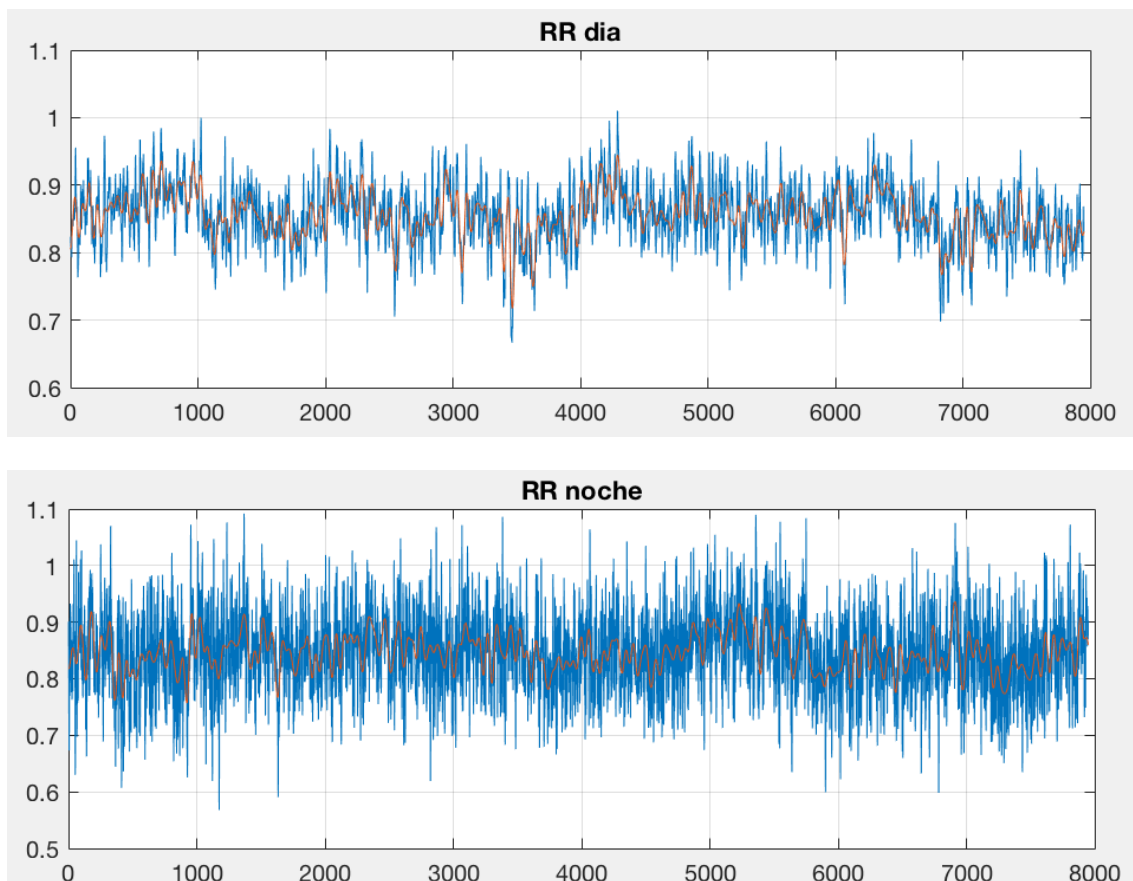


Figura 3.01: Señal de RR de día y señal RR de noche

La base de datos se compone por una parte con señales tomadas de pacientes reales y por otra por señales simuladas por ordenador, por lo tanto, para realizar las pruebas que corroboren el filtro a diseñar se dispondrán de:

- SEÑALES SIMULADAS:
 - 100 señales de día
 - 100 señales de noche
- SEÑALES REALES:
 - 100 señales de día
 - 100 señales de noche

Se realizará el filtrado basado en la transformada de Hilbert para todas las señales a fin de corroborar el experimento.

3.2. TRATAMIENTO PREVIO DE LA SEÑAL

La señal de ritmo cardiaco original, que es el tiempo entre latidos, es una señal cuyo valor medio es superior a cero, por lo tanto es una señal colocada por encima de el eje de abscisas, además esta señal tiene componentes de muy baja frecuencia que hace que la señal fluctúe de forma acusada, y son la causa de la no estacionariedad en las señales RR .

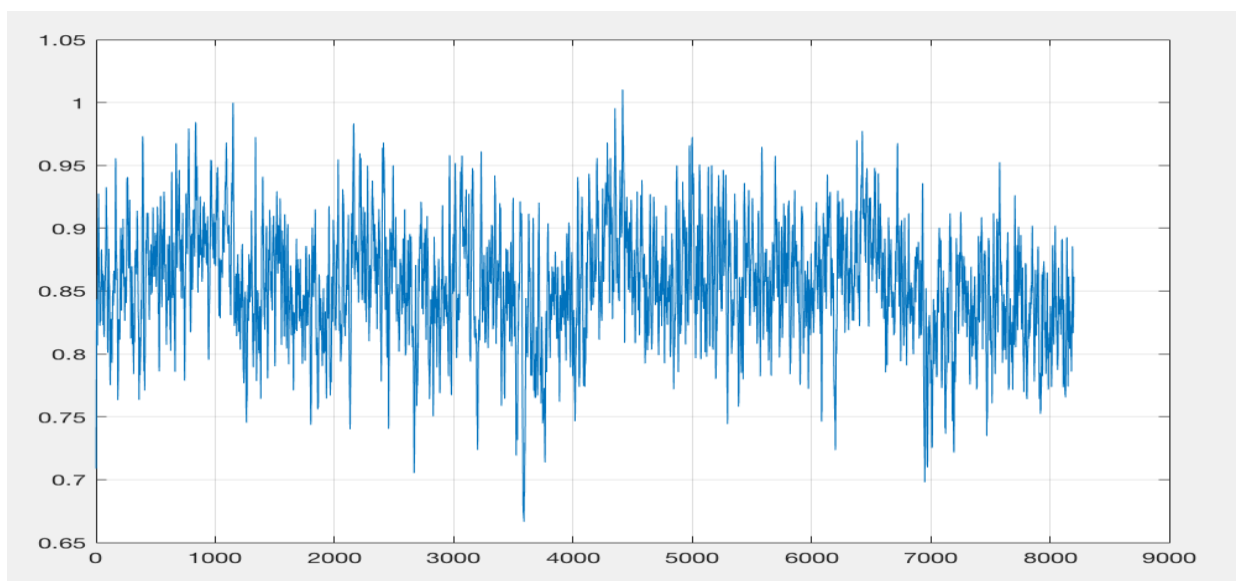


Figura 3.02: Intervalo de ritmo cardiaco RR

Esta señal de ritmo cardiaco cargada desde la base de datos habrá que procesarla adecuadamente para aplicarle el procesamiento basado en la transformada de Hilbert.

El primer paso será aislar la señal de la ultra baja frecuencia (ULF) a través de un filtro del tipo respuesta impulsional finita (FIR) paso bajo a 0.004 Hz, orden $N = 250$ y de fase cero (lineal).

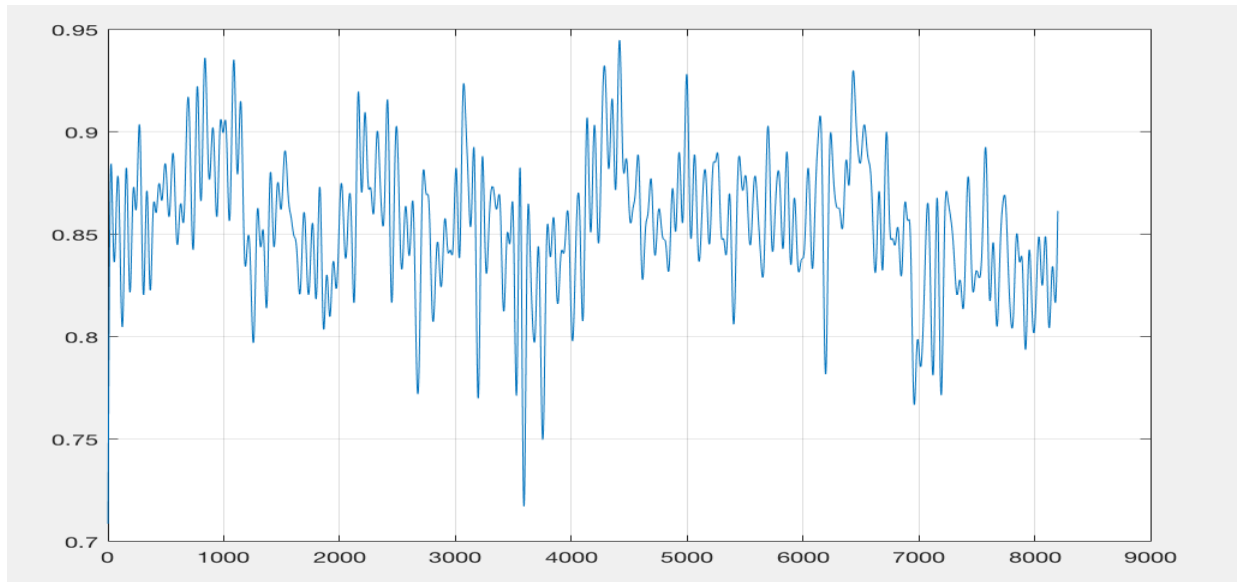


Figura 3.03: Componente de ultra baja frecuencia (ULF) del intervalo RR

Por lo tanto se recogen las fluctuaciones de muy baja frecuencia de la señal original .

La distorsión es la alteración de la señal debida a la respuesta imperfecta del sistema a ella misma. Para contrarrestar el efecto del retardo y el aumento en muestras introducido por el filtro se eliminan las $N/2$ muestras del principio y del final.

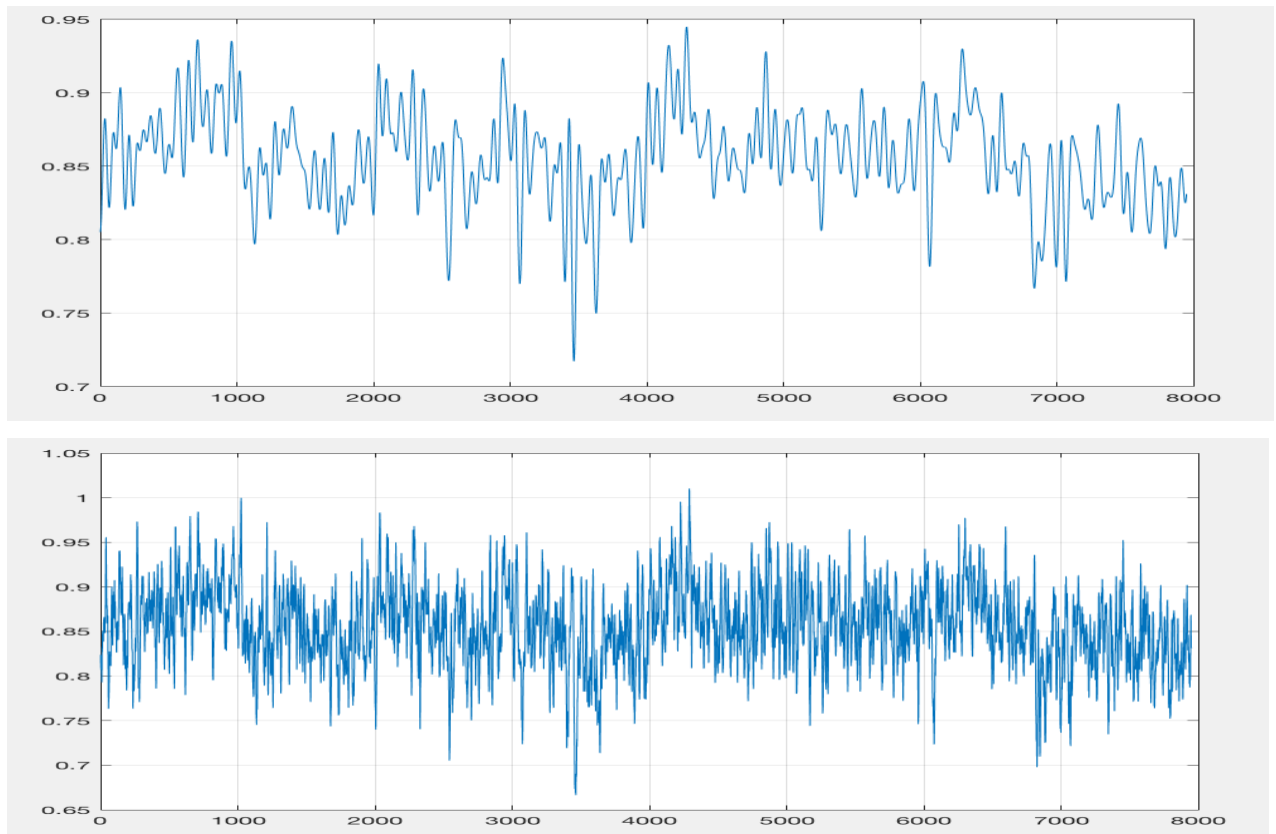


Figura 3.04: Componente ULF del intervalo RR y intervalo RR acortadas

Estas señales tienen la misma cantidad de muestras que la señal original del intervalo RR le restamos la componente de baja frecuencia obtendremos la señal sin fluctuaciones (figura 3.04) que almacenaremos para añadirlas al final del proceso de filtrado.

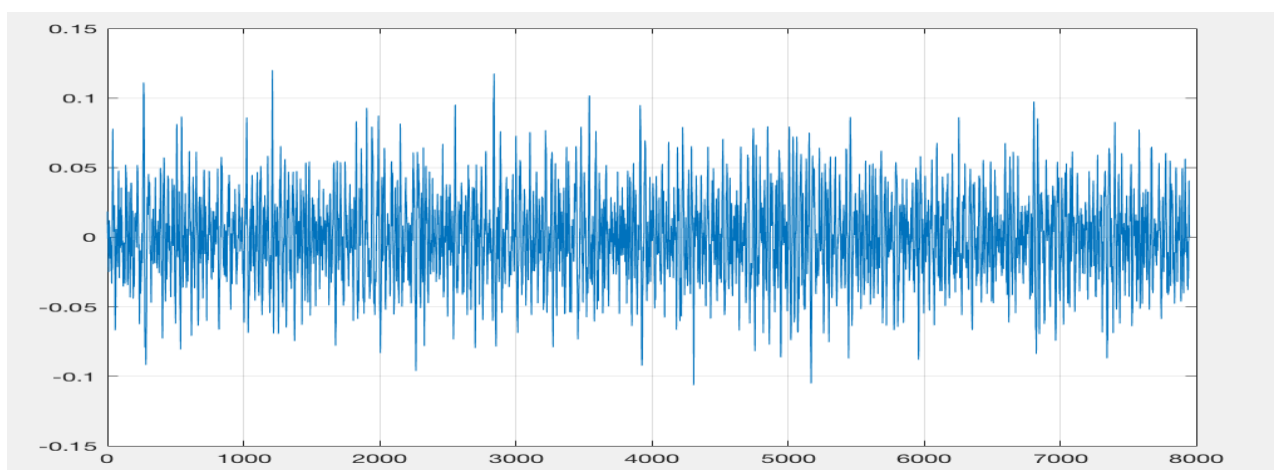


Figura 3.05: Intervalo RR sin componente ULF

Con el intervalo RR sin componente ULF (figura 3.05) se puede obtener su media que restándola a esta misma señal la convertiría en una señal de media cero. De esta manera se obtiene la

componente continua que se añadirá a la señal ULF acortada para compensar la media eliminada al intervalo RR sin componente ULF.

Después de este proceso de filtrado preliminar la señal resultante será a la que se añadirá la contaminación en forma de picos para posteriormente eliminarlos con el proceso de filtrado basado en la transformada de Hilbert.

Este proceso de filtrado se repetirá para todas las muestras de señales de ritmo cardiaco de la base de datos.

3.3. CONTAMINACIÓN

La señal electrocardiográfica (ECG) es muy susceptible a una variedad de contaminación de señal, como ruido de línea de potencia, artefactos biológicos o de electrodo.

Como estos picos podrían confundirse con la actividad cardiaca es necesario conocerlos previamente. El filtrado objetivo en este proyecto pretende eliminar contaminación en forma de picos que son creados por una función independiente que genera impulsos con ocurrencia aleatoria de frecuencia y amplitud comprendida entre -0.8 y 0.8 en señales de ritmo cardiaco.

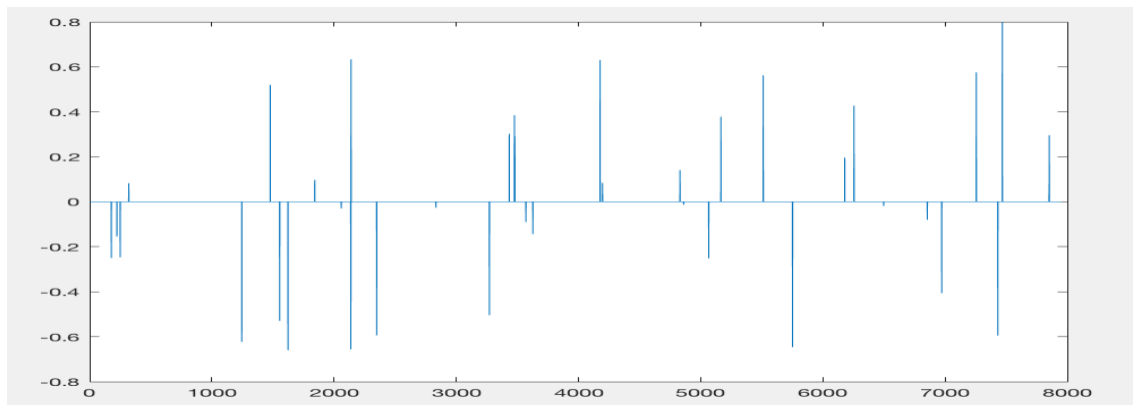


Figura 3.06: Señal de contaminación

La cantidad de picos que contenga la señal se determina mediante un porcentaje que se estableciera. Este porcentaje debe variar entre los valores que se podrían encontrar en la contaminación real de estas señales, por lo tanto se rechazarán señales con contaminación excesiva que en las pruebas reales se desecharían.

Como el valor de la contaminación en las señales depende de las condiciones de estas tendremos señales con diferentes valores de contaminación y por lo tanto, para que las pruebas del filtro sean lo más verídicas posibles, habrá que hacer el estudio añadiendo un valor de picos variables dentro de el umbral que se ha determinado.

Los picos añadidos serán:

- I. 0.1% : 8 picos cada 8000 muestras
- II. 0.25%: 20 picos cada 8000 muestras
- III. 0.5%: 40 picos cada 8000 muestras
- IV. 0.75%: 60 picos cada 8000 muestras
- V. 1%: 80 picos cada 8000 muestras
- VI. 1.5%: 120 picos cada 8000 muestras

Por encima de los 120 picos en la señal se desechará por exceso de contaminación. Se harán pruebas de filtrado para cada cantidad de contaminación añadida.

Esta señal de picos (figura 3.06) es la que se añadirá a el intervalo RR sin componente ULF y será la señal que se introducirá por el filtro de Hilbert para eliminarle esta contaminación añadida.

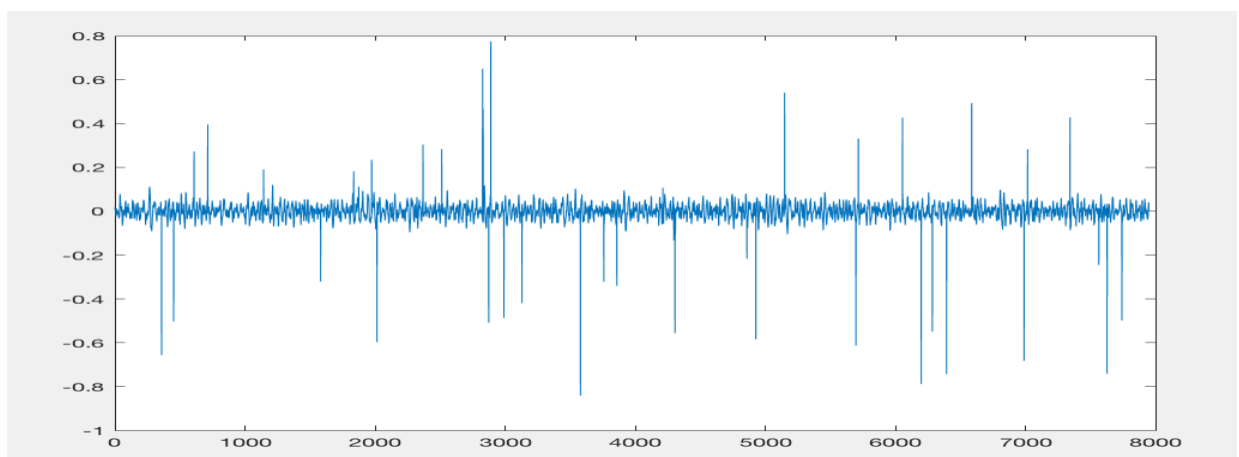


Figura 3.07: Intervalo RR sin componente ULF con contaminación

3.4. TRANSFORMADA DE HILBERT Y SEÑAL ANALÍTICA

Comúnmente las funciones o señales se definen completamente en el dominio del tiempo o en el de la frecuencia, y la transformada de Fourier realiza un cambio de la función o señal de un dominio a otro.

La transformada de Hilbert $h_x(t)$ de una señal $x(t)$ está definida como:

$$h_x(t) = \frac{1}{\pi t} * x(t)$$

La transformada de Hilbert de una función del tiempo $x(t)$ es otra función del tiempo.

Es equivalente a una rotación de 90° en la fase de cada componente armónica de la señal $x(t)$.

Esta ecuación define la transformada de Hilbert como la convolución de la función $1/\pi t$ con $x(t)$.

Se llama señal analítica de una señal real $x(t)$ a la función del tiempo:

$$a_x(t) = x(t) + j h_x(t)$$

Se define envolvente de una señal real como el módulo de la señal analítica:

$$e_x(t) = |a_x(t)| = \sqrt{x(t)^2 + h_x(t)^2}$$

Se define fase instantánea como el argumento de la señal analítica:

$$\phi_x(t) = \arg[a_x(t)]$$

Entonces podemos escribir:

$$a_x(t) = e_x(t) e^{j\phi_x(t)} = e_x(t) \cos(\phi_x(t)) + j e_x(t) \sin(\phi_x(t)) = x(t) + j h_x(t)$$

Por lo tanto,

$$h_x(t) = e_x(t) \sin(\phi_x(t))$$

$$x(t) = e_x(t) \cos(\phi_x(t))$$

La expresión de $x(t)$ muestra que esta señal se puede modificar de dos maneras diferentes, variando la amplitud $e_x(t)$ o variando la fase $\phi_x(t)$. El comportamiento dual simultáneo de $x(t)$ en la modulación de amplitud y frecuencia sugiere que los cambios en la amplitud de la señal no modifican sus cruces por cero. Por lo tanto, el objetivo de este procedimiento es modificar la amplitud sin alterar los componentes que podrían causar los cruces por cero en el eje de tiempo.

De esta expresión se deduce que si la señal tiene picos se deben encontrar en la componente amplitud $e_x(t)$, por lo que se puede aislar la componente frecuencial de la señal $x(t)$. El algoritmo propuesto consiste en un filtro de la envolvente $e_x(t)$ de la señal analítica que

reduzca la amplitud de los picos en las señales de ritmo cardiaco, esta señal envolvente se filtra a través de un filtro paso bajo de alto valor y de fase cero para definir un umbral dinámico de la señal en cada muestra.

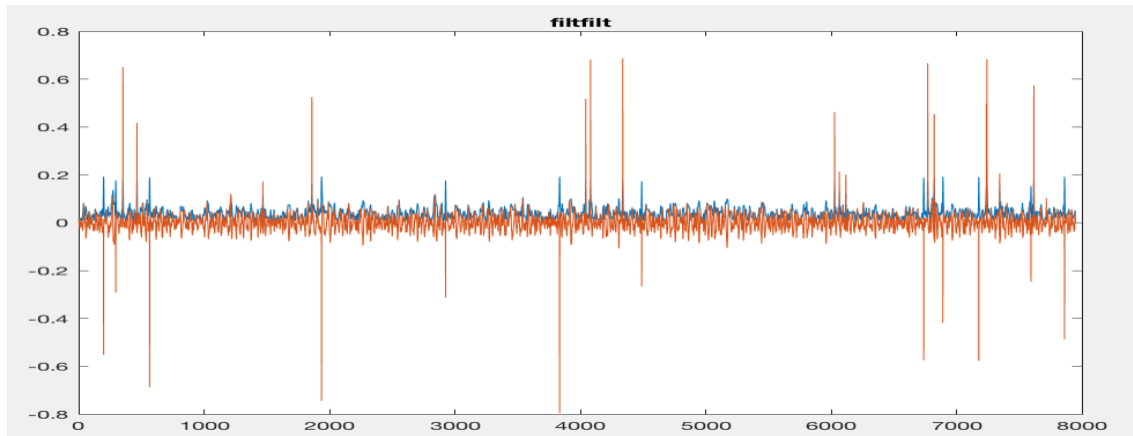


Figura 3.08: Intervalo RR con picos y umbral dinámico

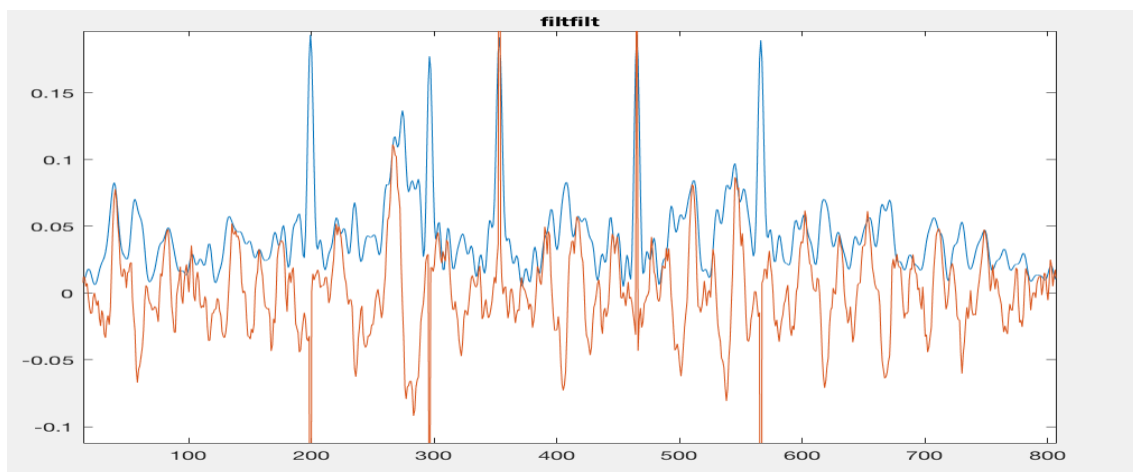


Figura 3.09: Zoom intervalo RR con picos y umbral dinámico

Como se puede apreciar en la ampliación de la imagen, el umbral creado con la envolvente de la señal esta muy ajustado a la señal original y por tanto es posible que le afecte, para que este umbral no modifique la señal original se tiene que ajustar con un coeficiente 'k', este se multiplicará por la media del resultado del filtrado y se añadirá a este, lo que hará subir el umbral lo suficiente para conservar la señal original recortando los picos que lo superen.

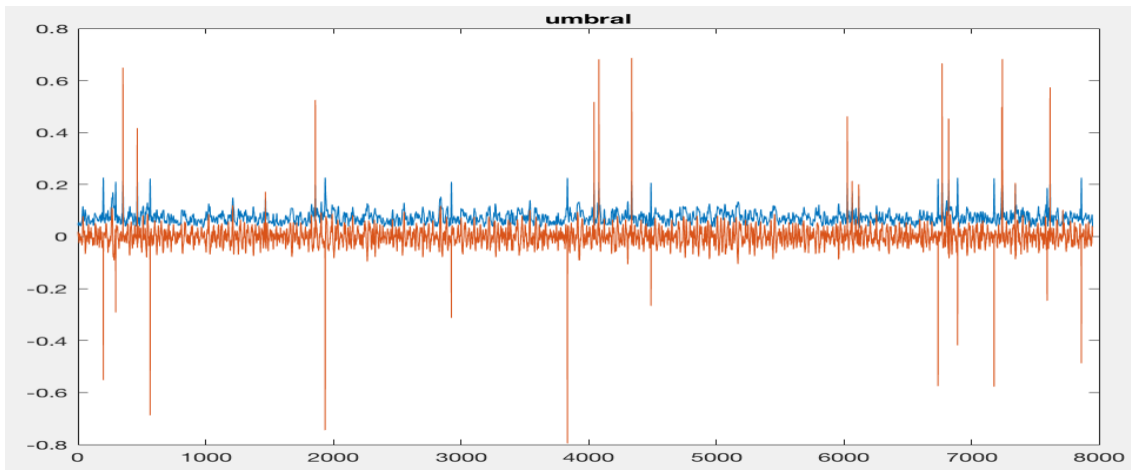


Figura 3.10: Intervalo RR con picos y umbral dinámico ajustado

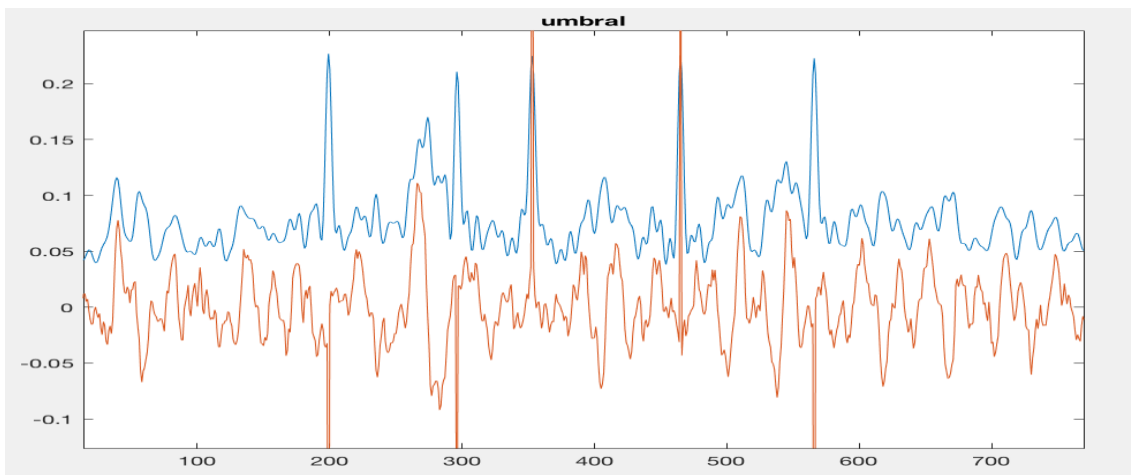


Figura 3.11: Zoom Intervalo RR con picos y umbral dinámico ajustado

Con el umbral debidamente ajustado solo se tendrá en cuenta el valor de la envolvente de la señal que está por debajo del umbral. Así finalmente se obtendrá la señal de RR sin la contaminación, en la que estos picos se habrán sustituido por los valores adecuados a la función. Finalmente se añadirá la componente ULF antes aislada y almacenada, obteniendo así la señal filtrada definitiva y que por lo tanto tendrá que ser lo más parecida posible a la señal original de la base de datos.

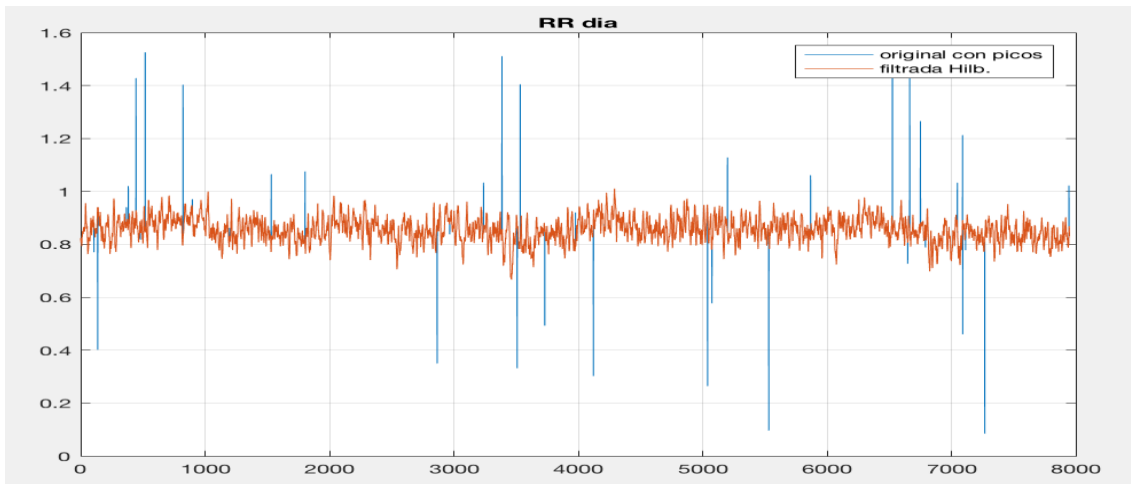


Figura 3.12: Señal RR de día con picos y filtrada con la transformada de Hilbert

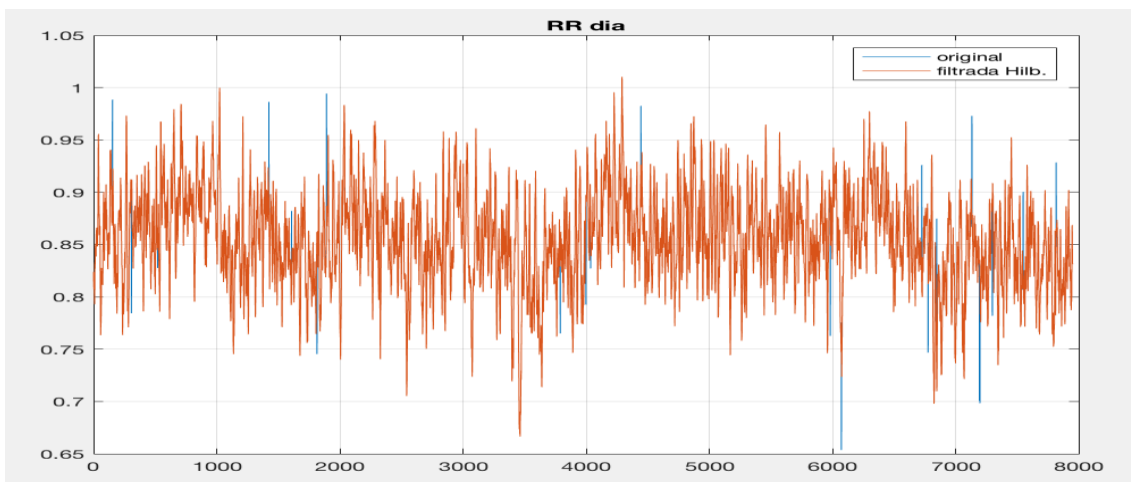


Figura 3.13: Señal RR de día original y filtrada con la transformada de Hilbert

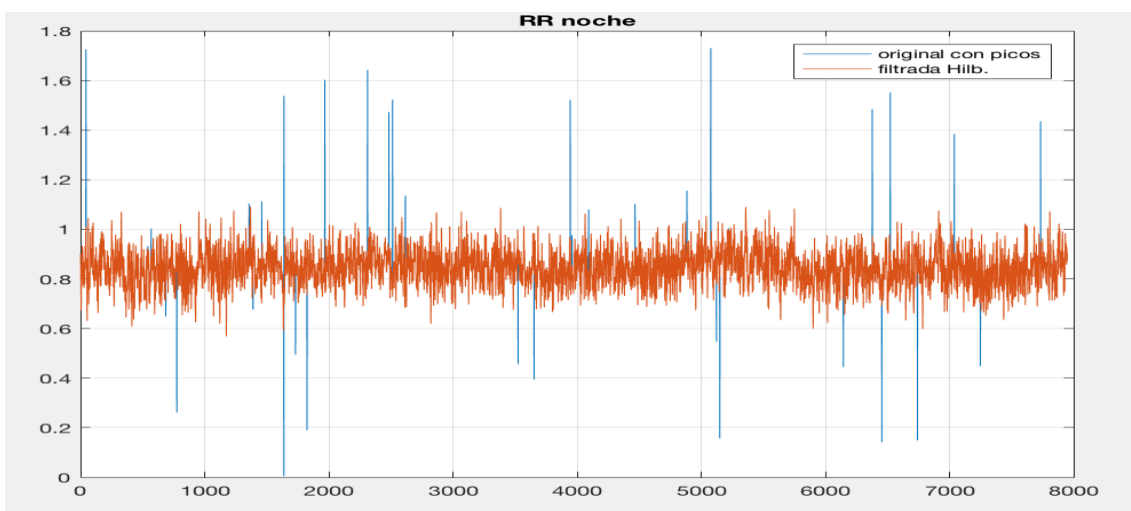


Figura 3.14: Señal RR de noche con picos y filtrada con la transformada de Hilbert

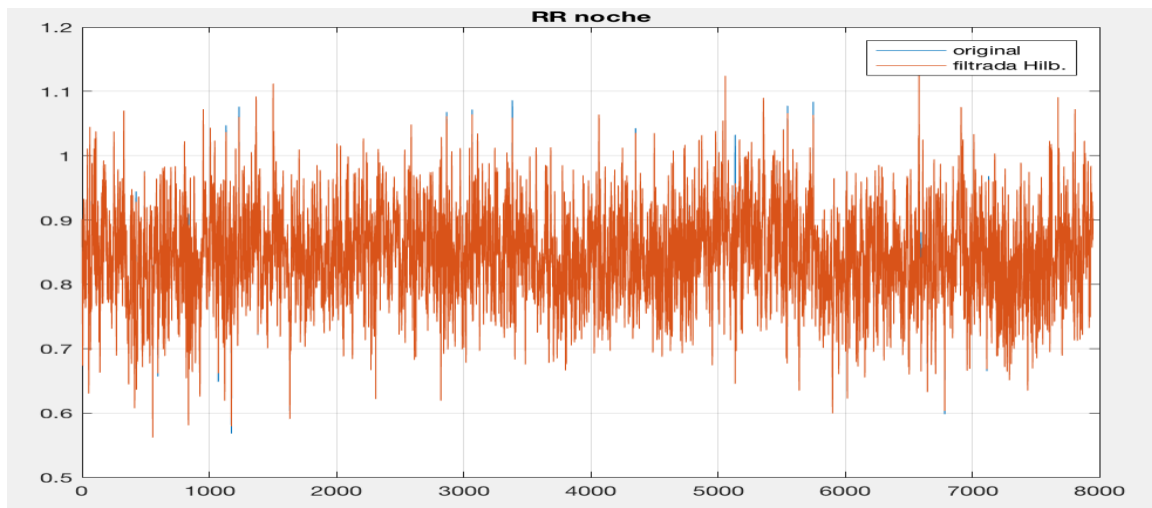


Figura 3.15: Señal RR de noche original y filtrada con la transformada de Hilbert

3.5. PARAMETROS DE AJUSTE

Para encontrar la transformada Hilbert que filtre de la mejor manera posible sin distorsionar la señal de entrada es necesario encontrar los parámetros de ajuste que se adecuen mejor a la función. Estos parámetros se encontraran con un procedimiento de pruebas sucesivas, es decir, para cada valor dentro de nuestros parámetros se ejecutará la función y a través de un estudio se encontrara los parámetros en los cuales la función se aproxime más a la función original.

Este procedimiento es posible gracias a que la contaminación es añadida y se pueden comparar la señal original obtenida de la base de datos y la señal después de haber pasado por el filtro basado en la transformada de Hilbert con los diferentes parámetros de ajuste.

Para la función de filtrado es necesario fijar tres parámetros de ajuste y para cada uno de ellos se ejecutará el filtrado y se analizará el error cometido respecto a la señal original.

Los parámetros de ajuste son:

- Constante 'k' de ajuste del umbral
- Ancho de banda de la envolvente
- Número de picos introducidos

Los valores entre los cuales se varían estos parámetros son determinados experimentalmente y serán:

- $k = [0.1 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.4 \ 0.5 \ 0.6 \ 0.7 \ 0.8 \ 0.9 \ 1 \ 1.1]$
- Ancho de banda = $[0.05 \ 0.08 \ 0.1 \ 0.15 \ 0.18 \ 0.21 \ 0.24 \ 0.27 \ 0.3]$

- Picos = [0.1 0.25 0.5 0.75 1 1.5]

Simplificando el procesamiento de los datos para que sea más sencillo el análisis, en la función se fijará el número de picos y se encontrará para este valor el ancho de banda y la constante 'k' que minimice el error, por lo que para cada cantidad de contaminación añadida se obtiene el valor más adecuado de k y ancho de banda.

A fin de corroborar la fiabilidad del filtro este proceso se repetirá tanto para las señales de RR reales como las simuladas diferenciando entre las señales diurnas y nocturnas, ya que en la variabilidad del ritmo cardiaco hay distinciones entre los periodos y por lo tanto los parámetros de ajuste serán diferentes.

El error es la diferencia entre la señal original y esta misma señal con la contaminación agregada y después de haber pasado por el filtro basado en la transformada de Hilbert. Este error es posible calcularlo ya que tenemos tanto la señal original como la filtrada y será la forma de verificar este filtro.

En el anexo de datos adjuntan los resultados de las pruebas de las simulación, estas tablas muestran los errores cometidos tanto para las señales de día como para las de noche, con los diferentes porcentajes de picos añadidos y para cada valor de k y ancho de banda. Una vez simuladas todas las pruebas se busca el menor error para cada porcentaje de contaminación añadida, y para ese error se almacena la constante y el ancho de banda que le corresponde.

3.5.1. SEÑALES SIMULADAS

DIA			
PICOS	CONSTANTE K	ANCHO DE BANDA	ERROR
0.1	1.1	0.05	0,00012741
0.25	0.9	0.05	0,00042565
0.5	0.7	0.05	0,00105839
0.75	0.7	0.05	0,00141252
1	0.7	0.05	0,00268972
1.5	0.6	0.05	0,0046966

Figura 3.16: Resultados de las pruebas para series simuladas de día

NOCHE			
PICOS	CONSTANTE K	ANCHO DE BANDA	ERROR
0.1	0.6	0.3	0,00020414
0.25	1.1	0.1	0,00086824
0.5	1.1	0.08	0,00220607
0.75	0.8	0.08	0,00320647
1	1	0.1	0,00440329
1.5	1	0.05	0,00711247

Figura 3.17: Resultados de las pruebas para series simuladas de noche

- SEÑALES SIMULADAS DIA:

- CONSTANTE K $k = \frac{1.1+0.9+0.7+0.7+0.7+0.6}{6} = 0.7$

- ANCHO DE BANDA $AdB = \frac{0.05+0.05+0.05+0.05+0.05+0.05}{6} = 0.05$

- SEÑALES SIMULADAS NOCHE:

- CONSTANTE K $k = \frac{0.6+1.1+1.1+0.8+1+1}{6} = 1$

- ANCHO DE BANDA $AdB = \frac{0.3+0.1+0.08+0.08+0.1+0.05}{6} = 0.09$

3.5.2. SEÑALES REALES

DIA			
PICOS	CONSTANTE K	ANCHO DE BANDA	ERROR
0.1	1	0.08	8,49579E-05
0.25	0.8	0.08	0,00040891
0.5	1.1	0.1	0,001230937
0.75	0.7	0.05	0,001747227
1	0.7	0.05	0,00242185
1.5	0.6	0.05	0,004372979

Figura 3.18: Resultados de las pruebas para series reales de día

NOCHE			
PICOS	CONSTANTE K	ANCHO DE BANDA	ERROR
0.1	0.3	0.27	4,01383E-05
0.25	0.8	0.21	0,000494778
0.5	0.7	0.05	0,000859482
0.75	0.7	0.1	0,001708772
1	1.1	0.1	0,002726631
1.5	1.1	0.1	0,004193415

Figura 3.19: Resultados de las pruebas para series reales de noche

- SEÑALES REALES DIA:

- CONSTANTE K $k = \frac{1+0.8+1.1+0.7+0.7+0.6}{6} = 0.75$

- ANCHO DE BANDA $AdB = \frac{0.08+0.08+0.1+0.05+0.05+0.05}{6} = 0.065$

- SEÑALES REALES NOCHE:

- CONSTANTE K $k = \frac{0.3+0.8+0.7+0.7+1.1+1.1}{6} = 0.75$

- ANCHO DE BANDA $AdB = \frac{0.27+0.21+0.05+0.1+0.1+0.1}{6} = 0.1$

Como resultado se obtienen los parámetros de ajuste para cada situación:

		CONSTANTE K	ANCHO DE BANDA
SIMULADAS	DIA	0.7	0.05
	NOCHE	1	0.09
REALES	DIA	0.75	0.65
	NOCHE	0.75	0.1

Figura 3.19: Resultados finales de los parámetros de ajuste

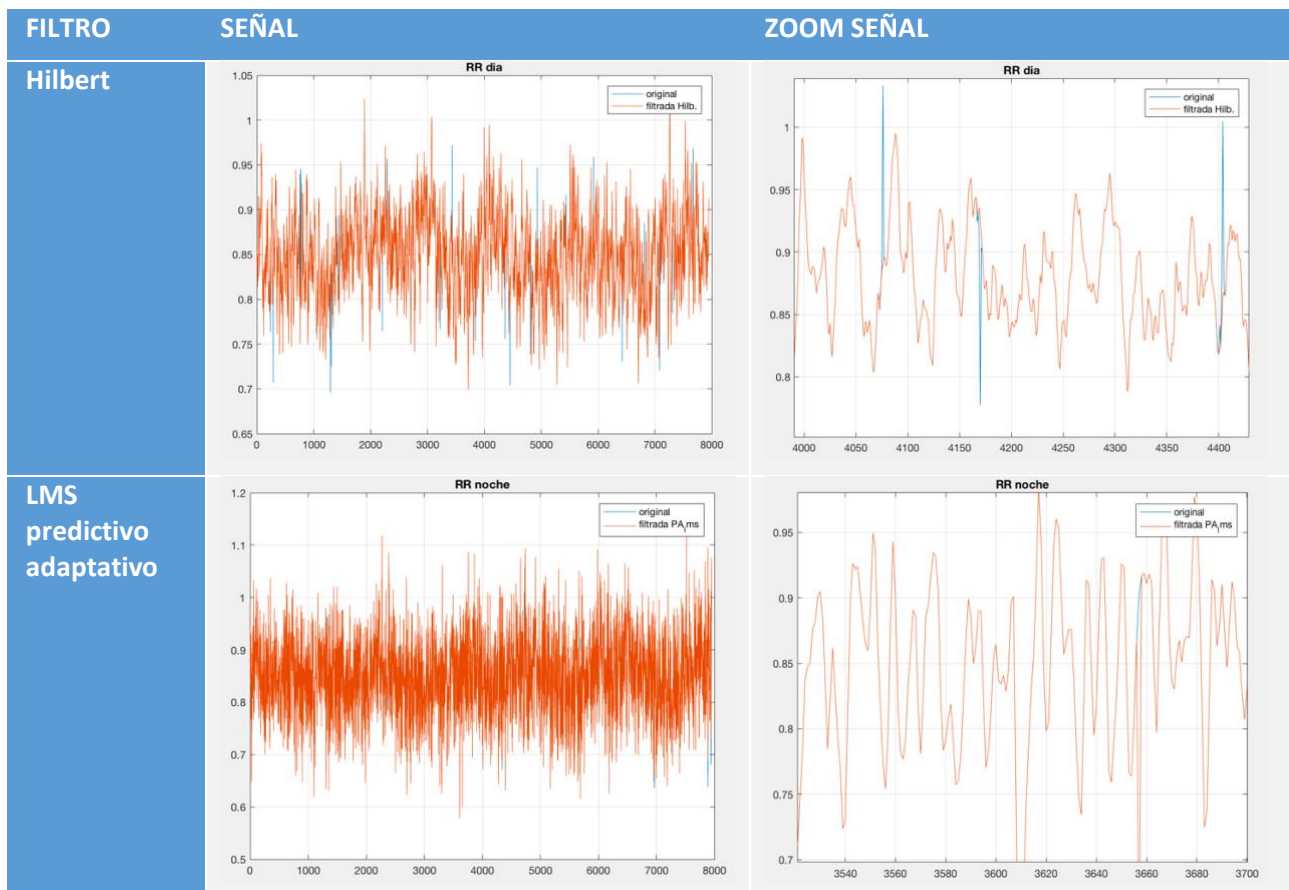
4. RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON OTROS FILTROS

4.1. COMPARATIVA

Para corroborar que el filtro funciona correctamente se compara con cuatro tipos de filtrado diferentes:

- I. Filtro LMS predictivo adaptativo [2] [3]
- II. Filtro FIR
- III. Filtro LMS normalizado
- IV. Filtro LMS recursivo

A continuación se muestra los resultados de aplicar diferentes filtrados de una señal RR de día o de noche. En las gráficas, el color azul representa la señal original y el naranja es esta misma señal filtrada de contaminación con el filtro correspondiente. Por lo tanto, tanto, el filtrado será mejor contra más coincidentes sean las señales.



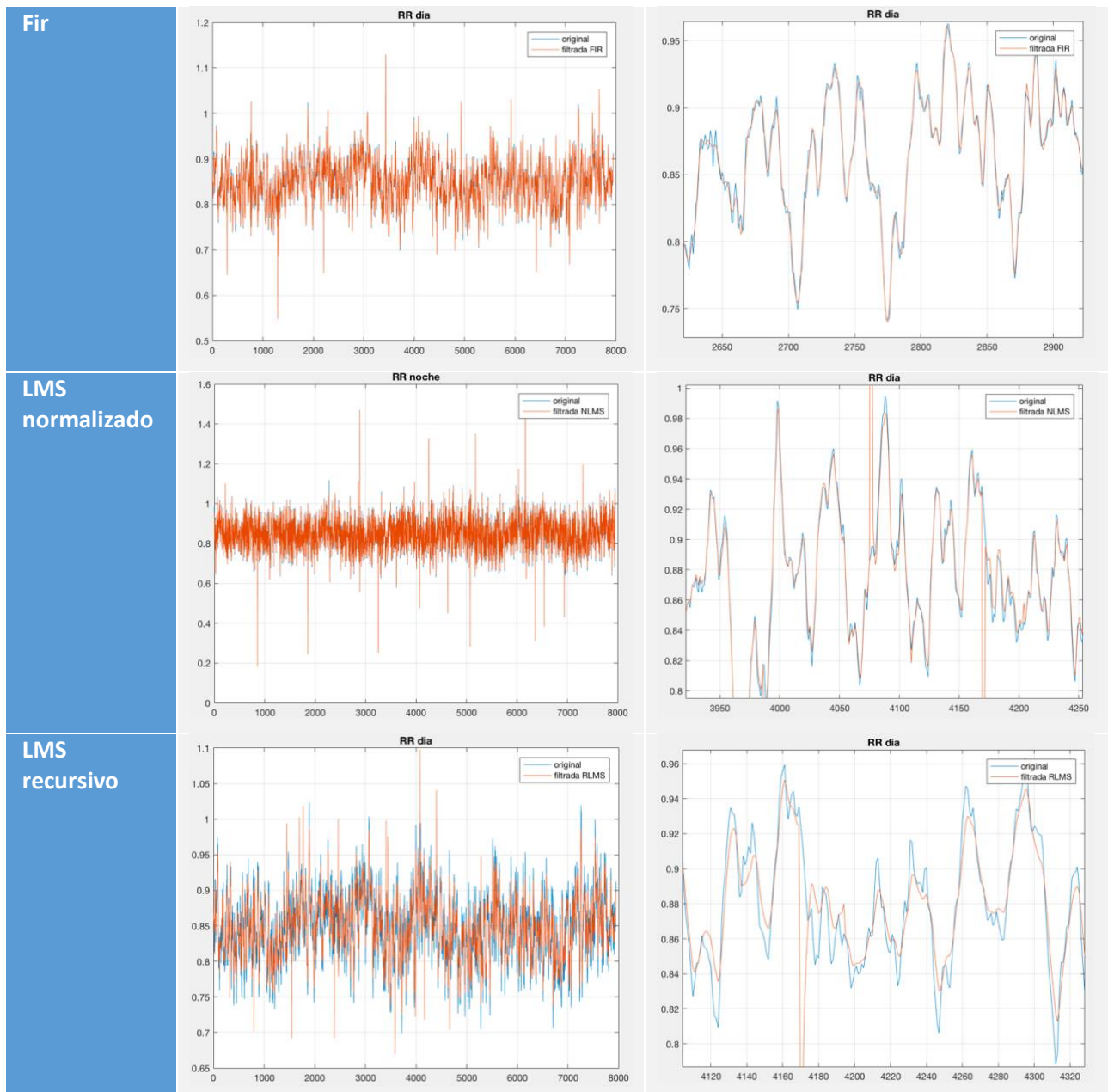


Figura 4.01: Señal RR original y filtrada de diferentes métodos

Se puede ver que el filtrado de hilbert y el LMS predictivo adaptativo eliminan totalmente los picos, además de que la señal filtrada se ajusta casi perfectamente a la señal original.

Aplicando el filtro fir, el LMS normalizado o el LMS recursivo se conservan algunos picos lo que indica que no actúa correctamente, en las imágenes que muestran el zoom se ve como la señal original tiene fluctuaciones de alta frecuencia que la señal filtrada no puede conseguir.

En conclusión tanto el filtro LMS predictivo adaptativo como el filtro basado en la transformada de hilbert eliminan los picos y no distorsionan la señal de origen, por lo tanto son aptos para el uso.

4.2. ERROR

El error indica la diferencia que existe entre la señal original y esta misma después de haber sido contaminada y posteriormente filtrada. En el caso de las señales que se están estudiando, para que la operación tenga sentido se deberá calcular el error con los valores absolutos de estas señales y con el error resultante para cada muestra hacer una media.

$$Error = mean(abs(original - filtrada))$$

Para poder hacer una comparativa entre todos los tipos de filtrado se utiliza el RAE “rating absolute error” un ratio que se calcula dividiendo este error por la señal de contaminación que se le añade en el proceso.

$$RAE = \frac{abs(original - filtrada)}{abs(contaminacion)}$$

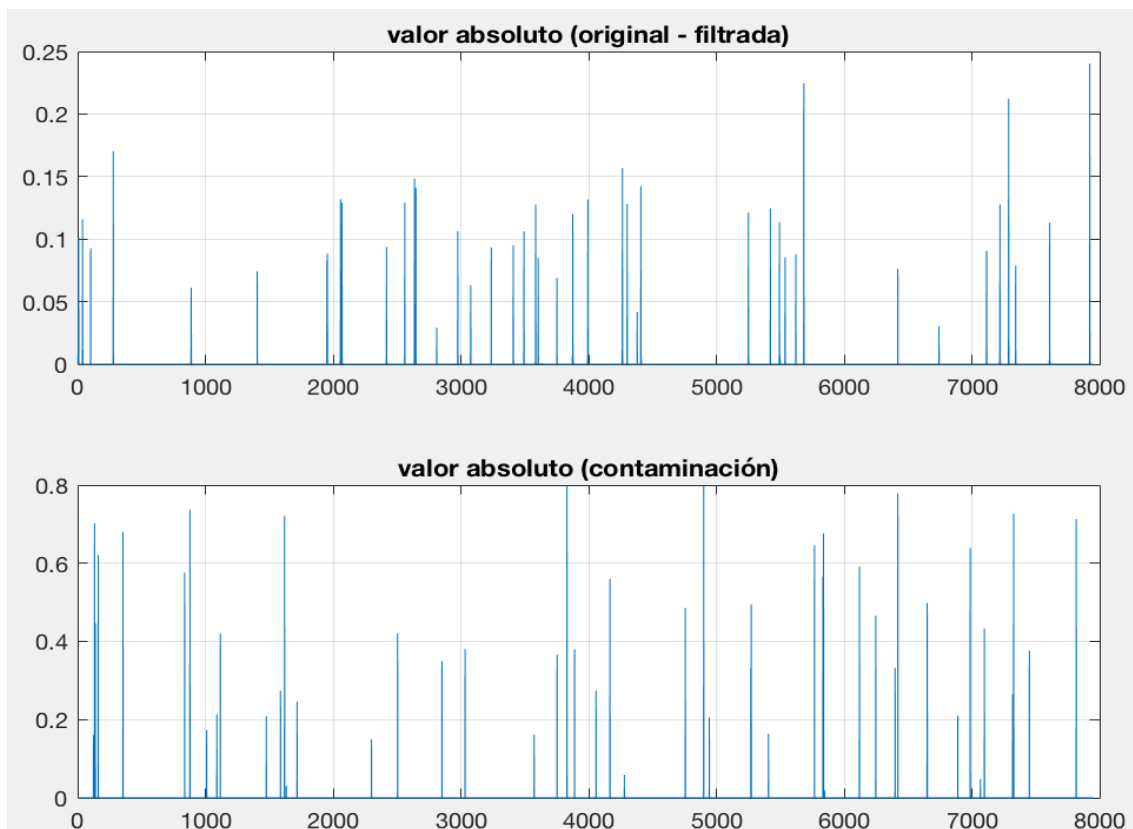


Figura 4.02: Señales en valor absoluto de la señal original menos la filtrada y la señal de picos

De esta operación resulta el RAE que se produce para cada muestra y de ellas se calcula y almacena el RAE medio.

Varianza:

La desviación típica es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media. La varianza es el cuadrado de esta medida y se define como:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_1^n (x_i - \bar{X})^2}{n}$$

En este contexto de estudio la variabilidad del error y por lo tanto x_i se refiere a el error para cada muestra y \bar{X} el error medio.

De esta forma se calcula la variación del error respecto a su media, que una señal tenga una varianza baja significara que, en general, tendrá mucho mejor filtrado que una señal con una varianza mayor, lo cual quiere decir que el error para cada muestra será más variable.

Se repite el proceso de obtención del RAE medio y desviación típica para cada tipo de filtrado y con estos valores se crea la siguiente gráfica:

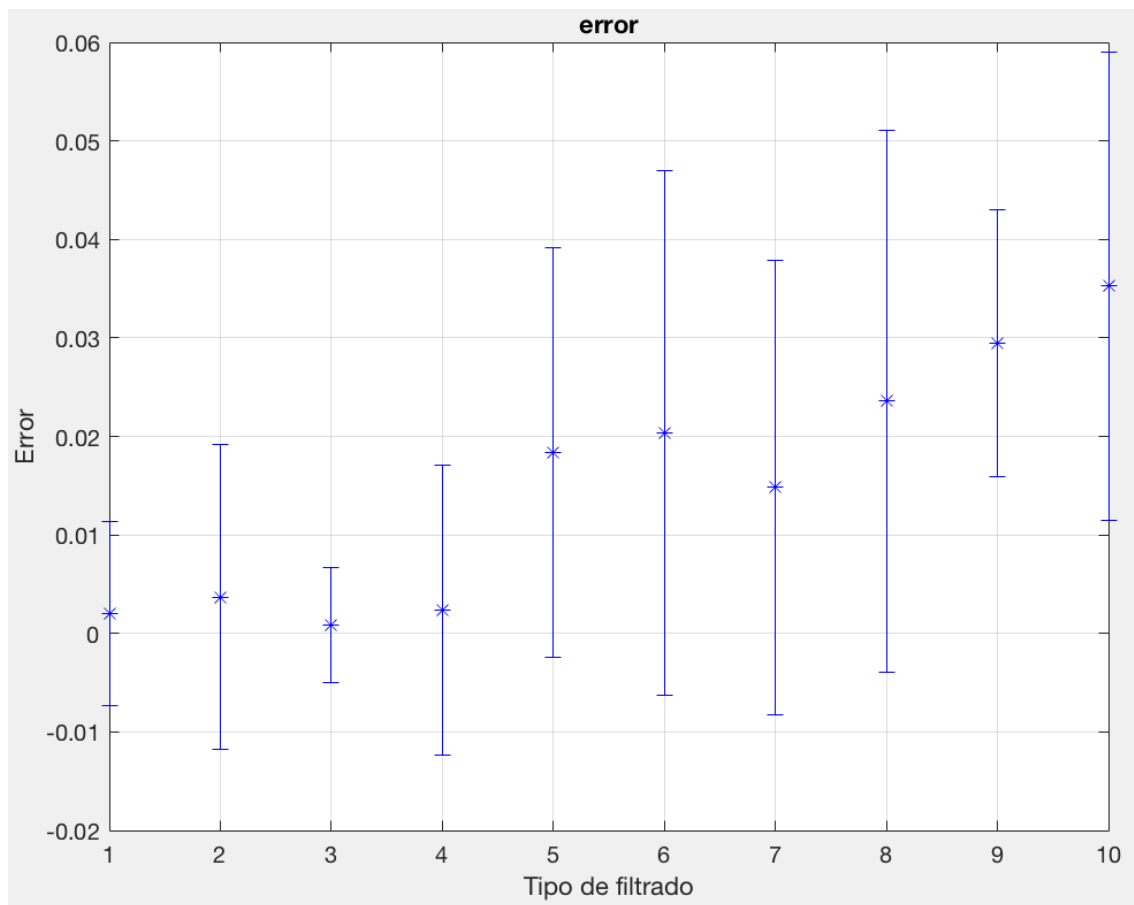


Figura 4.03: Error para cada tipo de filtrado.

Cada muestra de esta gráfica se refiere a la desviación típica y el valor medio del RAE para cada tipo de filtrado tanto en las señales de día como de noche.

MUESTRA	TIPO DE FILTRADO	SEÑAL
1	Hilbert	DIA
2	Hilbert	NOCHE
3	LMS predictivo adaptativo	DIA
4	LMS predictivo adaptativo	NOCHE
5	Filtro fir	DIA
6	Filtro fir	NOCHE
7	LMS normalizado	DIA
8	LMS normalizado	NOCHE
9	LMS recursivo	DIA
10	LMS recursivo	NOCHE

Figura 4.04: Relación muestras de las graficas con el tipo de filtrado.

Gráficamente se muestra como varía el error para todos los tipos de filtrado a través de la varianza, por lo tanto el filtrado sera mejor contra menos varíe esta tasa de error, el RAE tendrá un valor representativo pero habrá que tener en cuenta esta variabilidad.

Se puede observar que el error varía menos tanto para el filtrado basado en la transformada de Hilbert y como para el LMS predictivo adaptativo, además sus valores medios también son significativamente menores.

En la simulación para los diferentes tipos de filtrados mostrados se obtienen los siguientes valores de RAE medios y desviación típica:

SEÑAL SIMULADA:

TIPOS FILTRADO	DE	RAE DIA	DESVIACIÓN TÍPICA DIA	RAE NOCHE	DESVIACIÓN TÍPICA NOCHE
HILBERT		0,002005345	0,009122863	0,003703005	0,011264217
PALMS		0,000798580	0,018418105	0,00236717	0,024861772

FIR	0,018389021	0,026165183	0,020321662	0,025734921
NLMS	0,014814582	0,026592622	0,023590532	0,024457241
RLMS	0,029475774	0,015818962	0,035244038	0,018131131

Figura 4.05: Resultados de RAE y desviación típica para señales simuladas

SEÑAL REAL:

TIPOS DE FILTRADO	RAE DIA	DESVIACIÓN TÍPICA DIA	RAE NOCHE	DESVIACIÓN TÍPICA NOCHE
HILBERT	0,002403121	0,008389622	0,002634055	0,010559765
PALMS	0,004285256	0,018323767	0,005886943	0,024806099
FIR	0,016589016	0,024151801	0,014641738	0,023958356
NLMS	0,011929465	0,025325067	0,015445974	0,023544544
RLMS	0,026020206	0,015751458	0,028263328	0,018027445

Figura 4.06: Resultados de RAE y desviación típica para señales simuladas

De las gráficas anteriores y de estas tablas de datos se puede deducir que el filtro basado en la transformada de Hilbert y el filtro predictivo adaptativo LMS funcionan considerablemente mejor que el resto de filtrados, de hecho su RAE es del orden de 10^{-3} , en cambio en el resto de los filtrados es del orden de 10^{-2} .

4.3. COHERENCIA ESPECTRAL

Se realiza una estimación de la coherencia al cuadrado de la magnitud del error usando el promedio de Welch, método de periodograma modificado. La coherencia es una función de la frecuencia con valores entre 0 y 1 que indican qué tan bien corresponde la entrada a la salida en cada frecuencia. Esta función proporciona una buena estimación de la salida de energía debida exclusivamente a la señal de entrada.

La coherencia al cuadrado viene definida por la siguiente ecuación:

$$\Gamma^2(w) = \frac{(S_{xy}(w))^2}{S_x(w) S_y(w)}$$

Donde S_x y S_y corresponden a las PSD (Densidad espectral de potencia) de las señales $x(n)$ e $y(n)$ respectivamente y S_{xy} es el valor de la CPSD (Densidad espectral de potencia cruzada) entre las señales $x(n)$ e $y(n)$.

En este estudio la señal de entrada X es la señal de RR original y la de salida Y esta misma señal filtrada menos su media.

De la misma forma que para el RAE se calcula su desviación típica y se crea la gráfica de la coherencia espectral.

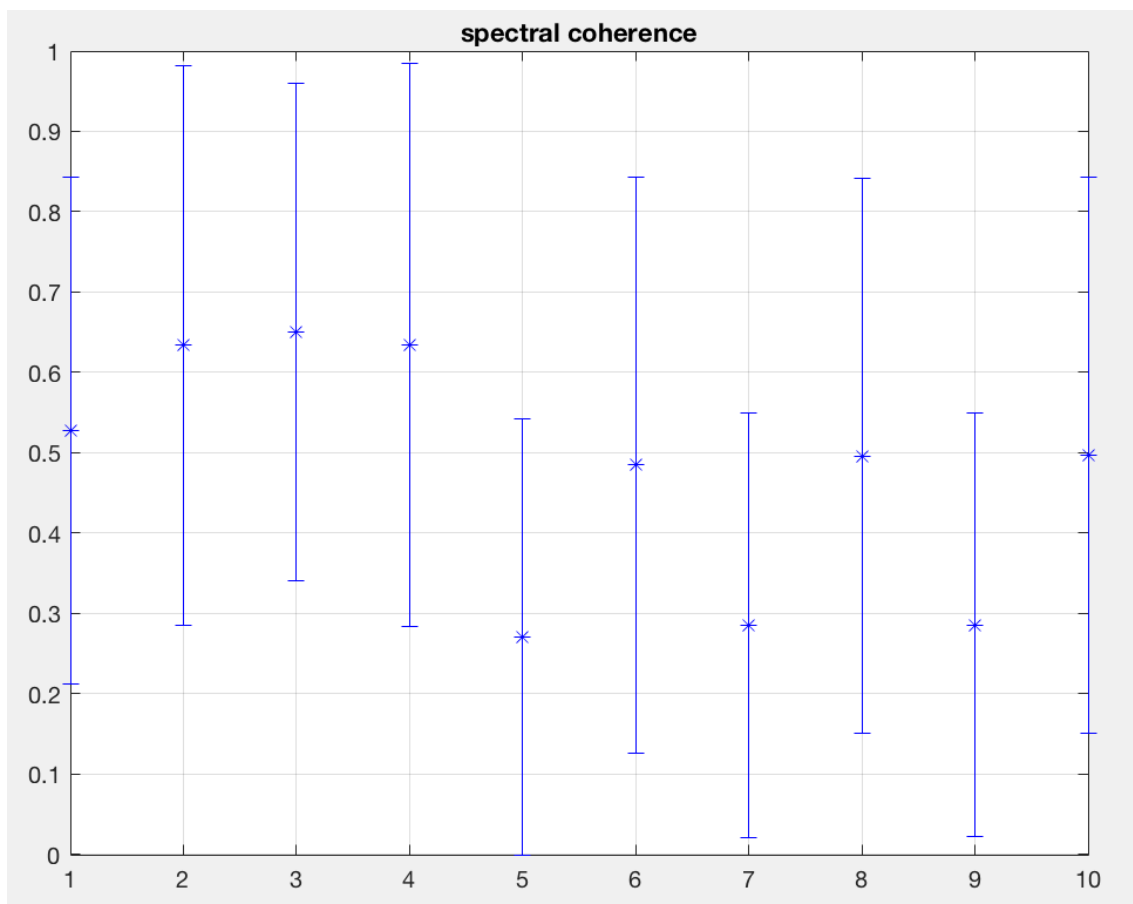


Figura 4.07: Coherencia espectral para cada tipo de filtrado

Cada muestra de la gráfica corresponde a un tipo de filtrado de día y de noche como se muestra en la figura 4.04.

SEÑAL SIMULADA:

TIPOS DE FILTRADO	COHERENCIA ESPECTRAL DIA	DESVIACIÓN TÍPICA COHERENCIA ESPECTRAL DIA	COHERENCIA ESPECTRAL NOCHE	DESVIACIÓN TÍPICA COHERENCIA ESPECTRAL NOCHE
HILBERT	0,527365859	0,536412888	0,633706203	0,635586620
PALMS	0,650261093	0,652497237	0,634229504	0,633045162
FIR	0,270798916	0,275094496	0,484807374	0,487902817
NLMS	0,285243761	0,290650520	0,495776358	0,497719567
RLMS	0,285322865	0,290859547	0,496565384	0,498347272

Figura 4.08: Resultados de coherencia espectral y desviación típica para señales simuladas.

SEÑAL REAL:

TIPOS DE FILTRADO	COHERENCIA ESPECTRAL DIA	DESVIACIÓN TÍPICA COHERENCIA ESPECTRAL DIA	COHERENCIA ESPECTRAL NOCHE	DESVIACIÓN TÍPICA COHERENCIA ESPECTRAL NOCHE
HILBERT	0,575735940	0,313114487	0,519157043	0,337089841
PALMS	0,628526699	0,302891357	0,546629090	0,328872077
FIR	0,286085227	0,235829989	0,328284769	0,262672152
NLMS	0,292555040	0,230334131	0,319353543	0,259781384
RLMS	0,292515945	0,229860428	0,319391069	0,259803252

Figura 4.09: Resultados de coherencia espectral y desviación típica para señales reales.

En el caso de la coherencia espectral contra mayor sea esta significará que la señal de entrada es más coincidente con la de salida, es decir que la señal de RR original se parece a la señal filtrada y por ello el filtrado es bueno.

5. CONCLUSIONES

Se consigue adaptar el filtro adaptativo, basado en los mismos principios que el diseñado para las señales electroencefalográficas, para señales RR. El filtro se crea aplicando las propiedades de la transformada de Hilbert y de la señal analítica a una señal de ritmo cardíaco previamente tratada y con contaminación en forma de picos añadida.

El procedimiento consiste en modificar la componente de amplitud o envolvente de la señal, aislando la componente frecuencial, ya que el razonamiento seguido asegura el comportamiento dual simultáneo de la señal en la modulación de amplitud y frecuencias. Se crea un algoritmo que consiste en un filtro de la envolvente de la señal analítica que consiga reducir la amplitud de los picos. Esta envolvente se utilizará a modo de umbral dinámico de la señal para cada muestra.

El umbral dinámico es ajustado en ancho de banda y constante de ajuste 'k' para diferentes valores de contaminación. Se determinarán a través de el estudio comparativo donde se calcula el valor óptimo de estos valores (Figura 3.19) para los tipos de señales estudiadas, simuladas y reales, y tanto para el día como para la noche. Utilizando el umbral debidamente ajustado se recortan los picos y se sustituye por valores adecuados de la función.

La señal resultante será el objetivo del estudio y para corroborar su eficacia se compara este filtro basado en la transformada de Hilbert con diferentes tipos de filtrado calculando el valor del RAE, "rating absolute error", (Figura 4.05 y 4.06) y de la coherencia espectral (Figura 4.08 y 4.06). Realizando la comparativa de los resultados se concluye que tanto el filtrado basado en la transformada de Hilbert como el LMS predictivo adaptativo eliminan el ruido en forma de picos de las señales RR sin distorsiones.

En conclusión se crea un filtro basado en la transformada de Hilbert para señales de RR que elimina eficientemente la contaminación en forma de picos con capacidad para mantener la forma de la señal original y también para preservar su contenido en frecuencia.

6. PLANIFICACIÓN TEMPORAL DE LAS TAREAS REALIZADAS

La realización de este estudio se podría dividir en las siguientes fases:

- I. Estudio previo de el entorno : 30 horas
- II. Ajuste y compilación de códigos : 90 horas
- III. Pruebas sucesivas para encontrar los parámetros de ajuste : 10 horas
- IV. Análisis de los resultados y determinación de los parámetros de ajuste : 60 horas
- V. Resultados y comparación con otros tipos de filtrado : 100 horas
- VI. Realización del informe : 160 horas

7. BIBLIOGRAFIA

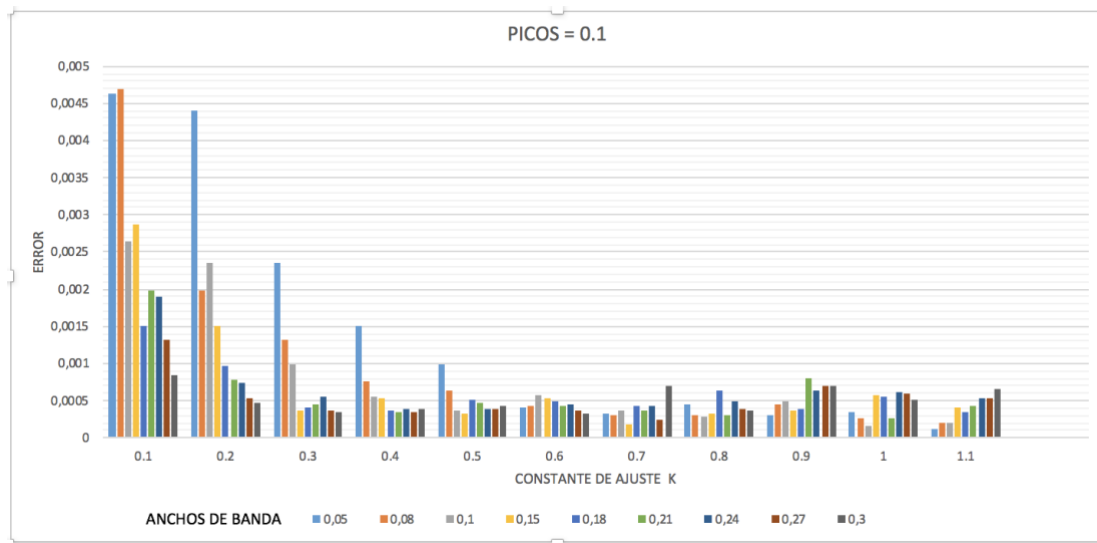
- [1] *Filtering and thresholding the analytic signal envelope in order to improve peak and spike noise reduction in EEG signals.* Umberto Melia, Francesc Clariá, Montserrat Vallverdú, Pere Caminal. *Medical Engineering & Physics* 36 (2014) 547–553
- [2] *Eliminación de artefactos de la señal del ritmo cardíaco mediante filtrado adaptativo LMS y estudio comparativo de diversas técnicas de sustitución de artefactos.* F. Clariá, P. Caminal. Ref.: © IC-DT-9532, Institut de Cibernètica (U.P.C.), pag. 1-57, 1995
- [3] *Variabilidad del ritmo cardíaco: Estudio comparativo de diversas técnicas de filtrado de artefactos.* F. Clariá, M. Vallverdú, P. Caminal. *XIII Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica (SEIB)*. pag. 129-130. Barcelona, 26 de Octubre de 1995

8. ANEXO DE DATOS

8.1. SIMULADAS DE DIA

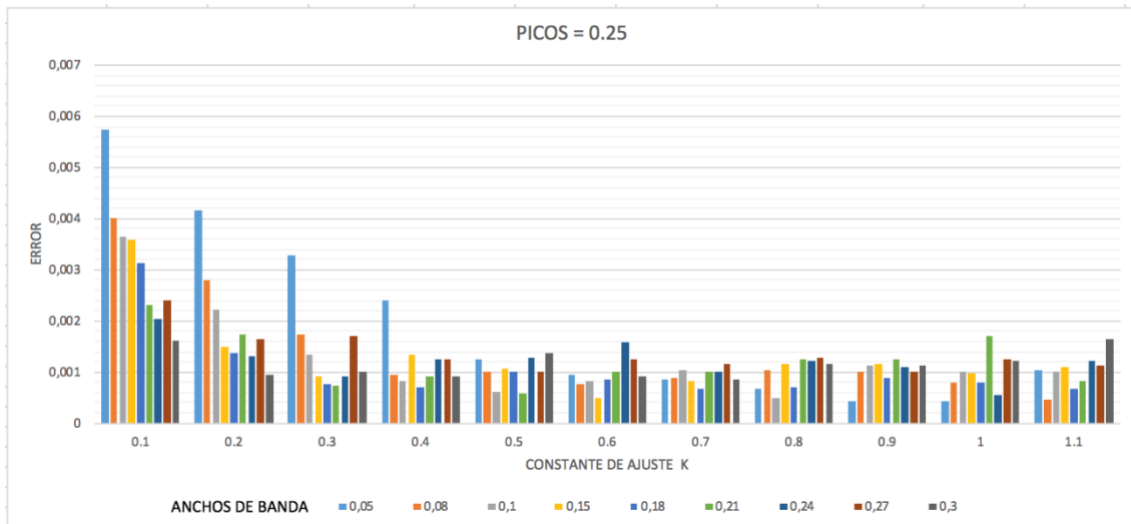
8.1.1. PICOS = 0.1

PICOS = 0.1		BANDAS								
CONSTANTES		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
	0.1	0,00463726	0,00470251	0,00265063	0,0028656	0,00151057	0,0019734	0,00190014	0,00132907	0,00083745
	0.2	0,0043968	0,00197506	0,00235333	0,00150292	0,00096906	0,00077811	0,00073349	0,00052389	0,0004693
	0.3	0,00236418	0,00132038	0,0009958	0,00037087	0,00041132	0,00044052	0,00054511	0,00036993	0,00034192
	0.4	0,0015081	0,00075934	0,00055118	0,00052656	0,00037216	0,00033655	0,00039521	0,00035194	0,00038952
	0.5	0,00098623	0,00062569	0,00036883	0,00032507	0,00051814	0,00047726	0,00038559	0,00039714	0,00042063
	0.6	0,00040364	0,00042418	0,00056983	0,00053708	0,00048823	0,00042364	0,00045599	0,00036568	0,00032995
	0.7	0,00033431	0,00029459	0,00035862	0,00017714	0,00042087	0,00037608	0,0004259	0,00023774	0,00069032
	0.8	0,00044425	0,00029871	0,00027449	0,00031571	0,00063491	0,00031226	0,00050116	0,0003836	0,00037361
	0.9	0,00030274	0,00045997	0,00049957	0,00037089	0,00039648	0,00080249	0,00063373	0,00069511	0,00068773
	1	0,00035123	0,00025718	0,00016585	0,00057668	0,00054734	0,00025336	0,00062443	0,0005869	0,00052116
	1.1	0,00012741	0,00020996	0,00020264	0,00040431	0,00035601	0,00042334	0,00053697	0,00052697	0,00064866



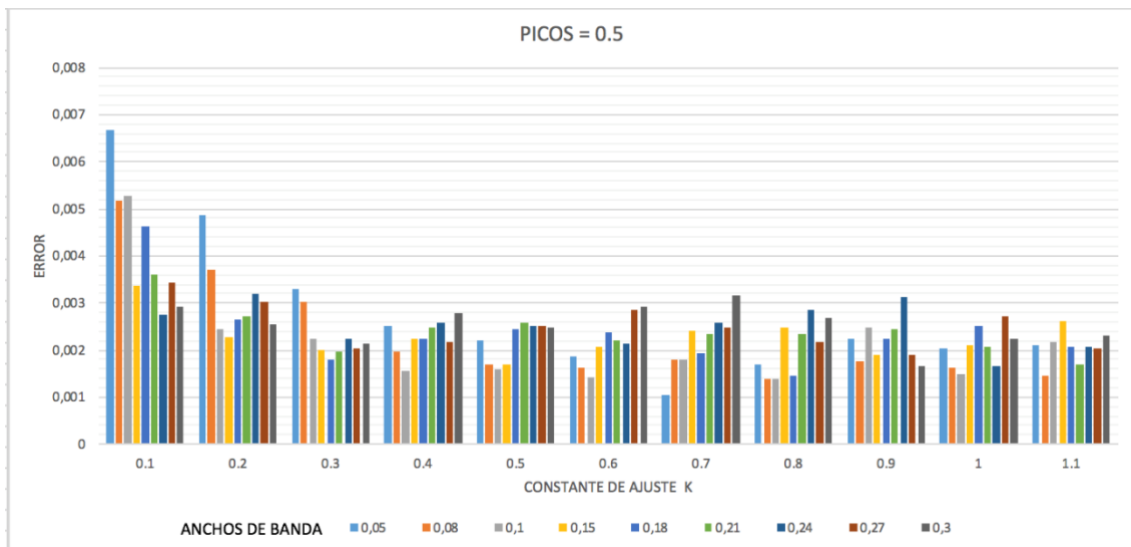
8.1.2. PICOS = 0.25

PICOS = 0.25		BANDAS								
CONSTANTES		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
	0.1	0,00574539	0,00401622	0,0036565	0,00359506	0,0031207	0,00232629	0,00202796	0,00241254	0,00160565
	0.2	0,00416121	0,00278736	0,002209	0,00149426	0,00137532	0,00172099	0,00130633	0,00165363	0,00095977
	0.3	0,00327965	0,0017234	0,00133801	0,00091611	0,00075434	0,00074293	0,00092809	0,00170145	0,00099502
	0.4	0,00239032	0,00093177	0,00083644	0,00133929	0,00070368	0,00090154	0,00126304	0,00125541	0,00091746
	0.5	0,00124298	0,00101905	0,00062108	0,00106924	0,00101047	0,00058912	0,00129169	0,00099148	0,00137718
	0.6	0,00093999	0,00076669	0,00083597	0,00048629	0,00085798	0,00099592	0,00159398	0,00124175	0,00092666
	0.7	0,00084266	0,00089957	0,00104247	0,00081729	0,00066706	0,00099914	0,00100403	0,00116965	0,00084749
	0.8	0,00068688	0,00104283	0,00049255	0,00115386	0,00070975	0,00124031	0,001229	0,00126926	0,00114916
	0.9	0,00042565	0,00099787	0,00112203	0,00116573	0,00089514	0,00124964	0,00109306	0,00100557	0,00113253
	1	0,00044437	0,00080245	0,00099754	0,00099041	0,00080712	0,0016941	0,00055261	0,00125275	0,00122793
	1.1	0,00103397	0,00045037	0,00101186	0,00110457	0,00068417	0,00082603	0,00120674	0,00113201	0,00164286



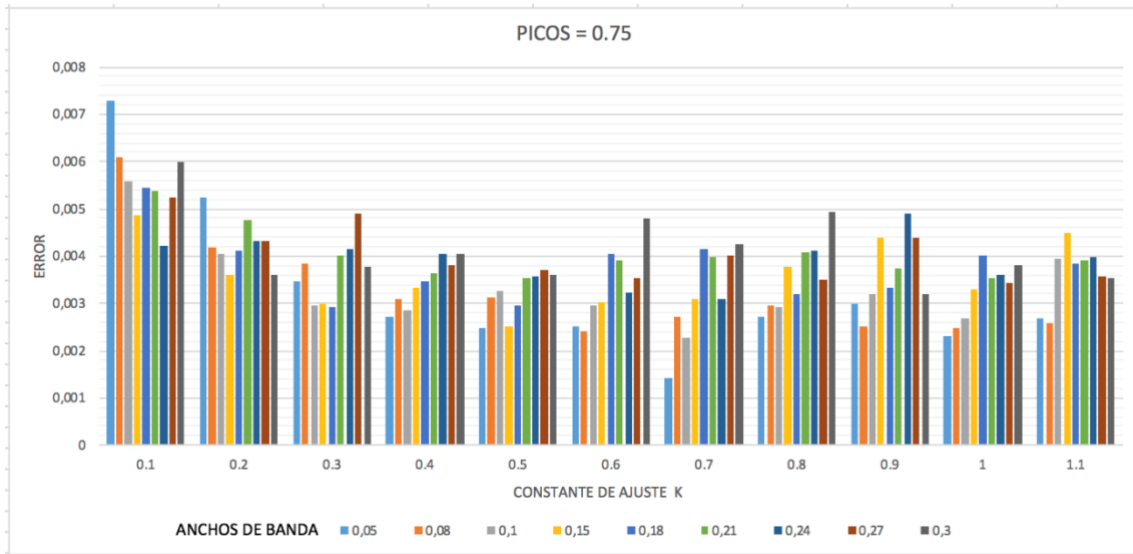
8.1.3. PICOS = 0.5

PICOS = 0.5		BANDAS								
CONSTANTES		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
	0.1	0,00668537	0,00517497	0,00527284	0,00334932	0,00462139	0,00360607	0,00275619	0,00342035	0,0029066
	0.2	0,00487576	0,00370857	0,00246167	0,00228135	0,00266129	0,00270551	0,00320984	0,00303914	0,00255479
	0.3	0,00329753	0,00301019	0,00223871	0,00199118	0,00181395	0,00196171	0,00224983	0,00204067	0,00215412
	0.4	0,00250991	0,00197265	0,00155805	0,00224478	0,00222935	0,00248792	0,00259786	0,00215681	0,00279752
	0.5	0,00219805	0,00169447	0,00159972	0,00168749	0,0024335	0,00258871	0,00252899	0,00249742	0,00248296
	0.6	0,00187279	0,0016183	0,00143189	0,00205955	0,00238058	0,00219756	0,00212805	0,00285505	0,00292397
	0.7	0,00105839	0,0017889	0,00178999	0,00241308	0,00192937	0,00233702	0,00256546	0,00248324	0,00314898
	0.8	0,00170824	0,00137986	0,00139197	0,00247197	0,00145386	0,00233257	0,00286516	0,00218819	0,00267751
	0.9	0,00224177	0,0017553	0,00248845	0,00188882	0,00225243	0,00245405	0,00311544	0,00190123	0,00164888
	1	0,00203451	0,00162286	0,00147677	0,00211223	0,00252659	0,00207277	0,0016618	0,00272734	0,00223094
	1.1	0,00209166	0,00145563	0,0021642	0,00260294	0,00207412	0,00169888	0,00208347	0,00205162	0,00231124



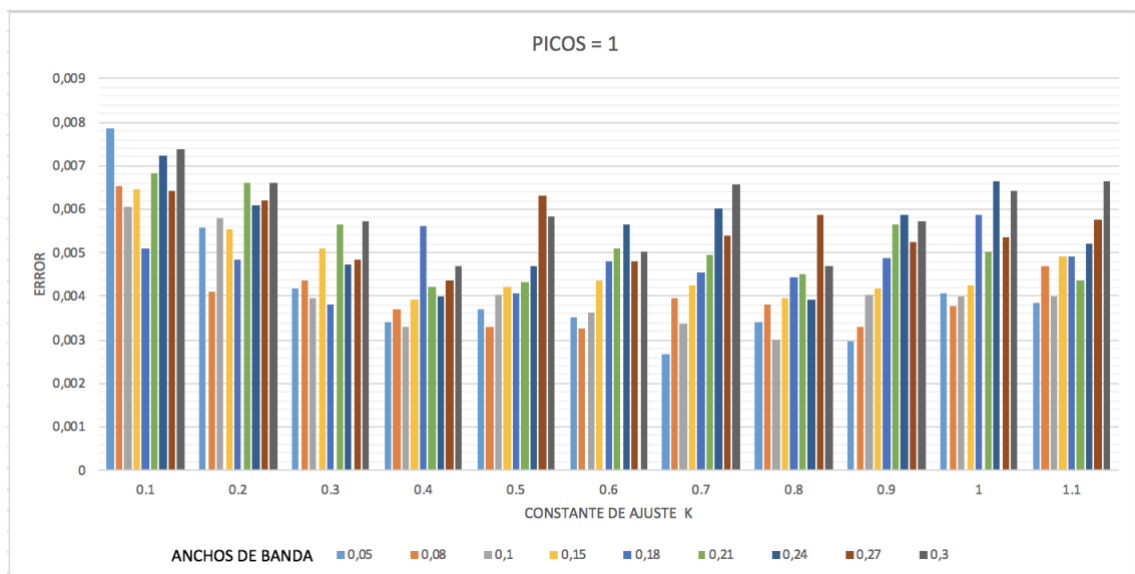
8.1.4. PICOS = 0.75

PICOS = 0.75		BANDAS								
		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
CONSTANTES	0.1	0,00727604	0,00607991	0,00557657	0,0048611	0,00542923	0,00537826	0,00421938	0,00523583	0,00597736
	0.2	0,00523332	0,00418703	0,00405962	0,00359642	0,00410628	0,0047708	0,00430791	0,00432117	0,00359593
	0.3	0,00345354	0,00383158	0,0029401	0,00300005	0,00290606	0,00402321	0,00414178	0,00491418	0,00376089
	0.4	0,00272746	0,00308186	0,00284506	0,00333486	0,00345622	0,00364891	0,00406252	0,00381432	0,00404877
	0.5	0,00246592	0,00313168	0,00326688	0,0025209	0,00296663	0,0035277	0,00355697	0,00370821	0,00359098
	0.6	0,00250667	0,00241251	0,00295372	0,00303648	0,00404483	0,00392804	0,00321364	0,00352844	0,00479077
	0.7	0,00141252	0,00272125	0,00227802	0,00309339	0,00414751	0,00398242	0,00310378	0,00400537	0,00426464
	0.8	0,00272508	0,00294811	0,00293227	0,00375994	0,00318472	0,00408754	0,00411308	0,00351054	0,00493539
	0.9	0,00299087	0,00252467	0,00320236	0,00437285	0,00332877	0,00372619	0,0048871	0,00438409	0,00318591
	1	0,00230564	0,00247294	0,00266805	0,00331118	0,00402899	0,00353109	0,00361827	0,00343693	0,00380492
	1.1	0,00267458	0,00257268	0,00394553	0,00448298	0,00385683	0,0039041	0,00398175	0,00357856	0,00353725



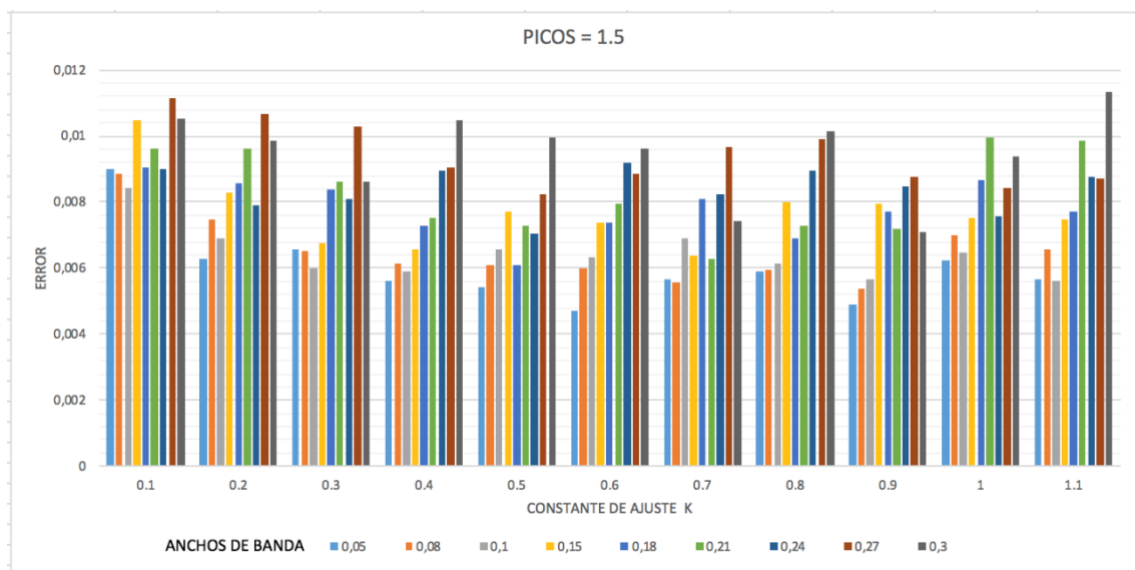
8.1.5. PICOS = 1

PICOS = 1			BANDAS							
CONSTANTES		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
	0.1	0,007855	0,00654403	0,0060527	0,00645572	0,00509232	0,00681506	0,00724202	0,00640764	0,00737645
	0.2	0,00557073	0,0041071	0,00579802	0,0055568	0,0048433	0,00662129	0,00610056	0,00620799	0,00659053
	0.3	0,00417198	0,00436481	0,00396932	0,00509507	0,00381294	0,00564039	0,00472372	0,00486144	0,00573083
	0.4	0,00341787	0,00371871	0,00330438	0,00392386	0,00561872	0,00422758	0,00400153	0,00436303	0,0047094
	0.5	0,00370031	0,00331421	0,00404548	0,00423024	0,00407093	0,0043449	0,00469633	0,00629731	0,00583511
	0.6	0,00351403	0,0032509	0,00361896	0,00434983	0,00481311	0,00510085	0,00563485	0,00481556	0,00501904
	0.7	0,00268972	0,00396463	0,00336174	0,00425097	0,00456579	0,00494025	0,00600981	0,00538593	0,00658876
	0.8	0,00342048	0,00381351	0,00301389	0,00395077	0,00443345	0,00450826	0,00393694	0,00588453	0,00471291
	0.9	0,00295359	0,00330692	0,00403178	0,00418283	0,00487161	0,00566005	0,00587852	0,00524334	0,00571193
	1	0,00408753	0,00377113	0,0039956	0,00424633	0,00586556	0,00502185	0,00662808	0,00534965	0,00641072
	1.1	0,00386634	0,00469906	0,00400296	0,00491183	0,00491194	0,00437105	0,0052084	0,00575199	0,00664519



8.1.6. PICOS = 1.5

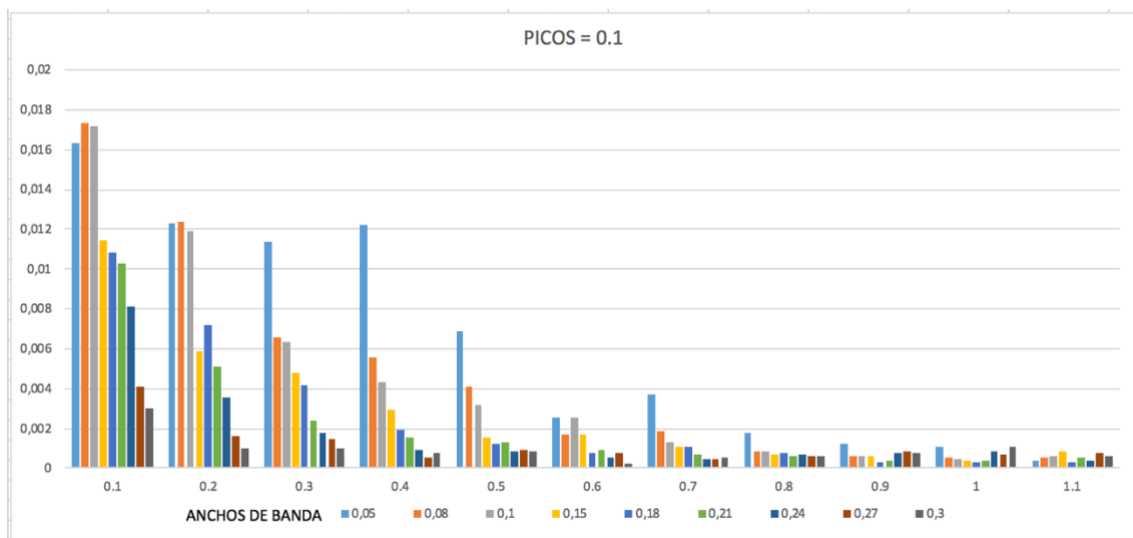
PICOS = 1.5		BANDAS								
CONSTANTES		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
	0.1	0,00901897	0,0088537	0,00841432	0,01045459	0,00905798	0,00960257	0,00900446	0,01115349	0,01052732
	0.2	0,00628413	0,00747435	0,00689016	0,00826236	0,00856188	0,00961054	0,00789665	0,01065508	0,00987416
	0.3	0,006561	0,00649888	0,00598114	0,00676799	0,00838713	0,00863693	0,0080911	0,01030701	0,00861889
	0.4	0,0055977	0,00614756	0,00592031	0,006573	0,00726679	0,00752857	0,00895387	0,00902965	0,01047338
	0.5	0,00544703	0,00609198	0,00654787	0,0077291	0,00607907	0,00729078	0,00702508	0,00825811	0,00994599
	0.6	0,0046966	0,00599776	0,00631589	0,00739353	0,00738382	0,00795117	0,00920082	0,00886453	0,00959766
	0.7	0,0056752	0,00558199	0,00689226	0,00638696	0,00809108	0,00625969	0,00825957	0,00965648	0,0074468
	0.8	0,00587872	0,00593367	0,00611514	0,0080125	0,00688971	0,00729251	0,00897208	0,00990586	0,01016357
	0.9	0,00491108	0,00535876	0,0056576	0,00797008	0,00770013	0,00718478	0,00848445	0,0087434	0,00709558
	1	0,00621252	0,00698175	0,0064863	0,0075022	0,00865699	0,00993703	0,00754699	0,00841695	0,00938071
	1.1	0,00567128	0,00657739	0,00562772	0,00745124	0,00769032	0,0098444	0,00876708	0,00869665	0,01132845



8.2. SIMULADAS DE NOCHE

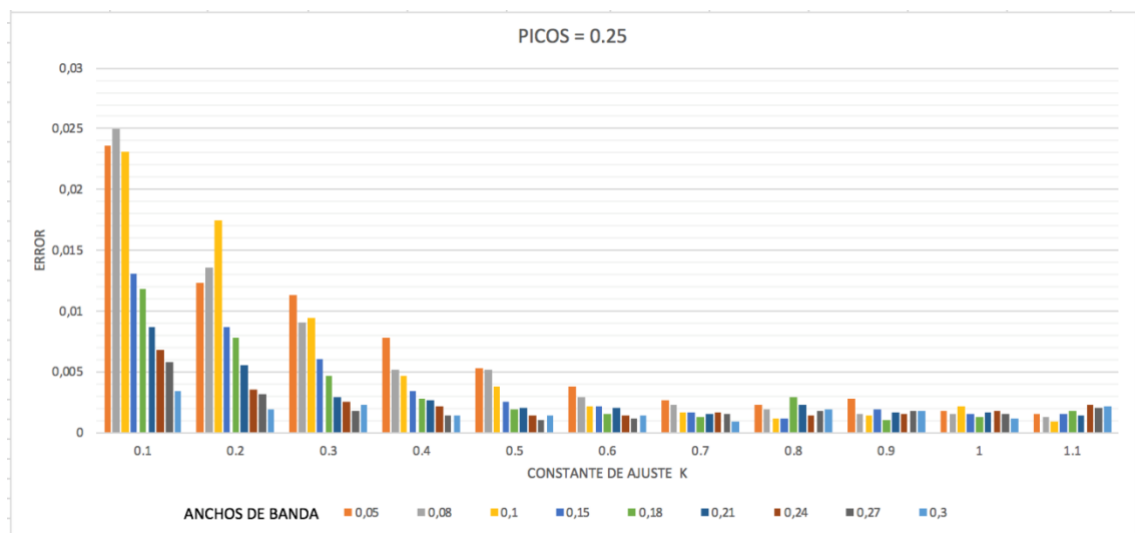
8.2.1. PICOS = 0.1

PICOS = 0.1		BANDAS								
CONSTANTES		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
	0.1	0,01633411	0,017341	0,01715577	0,0114687	0,01082003	0,01030648	0,00814731	0,00408468	0,00301285
	0.2	0,01228051	0,01240344	0,01190416	0,00590772	0,00722903	0,00510743	0,00354732	0,00165413	0,00097398
	0.3	0,01139874	0,00656084	0,0063743	0,00477373	0,00418504	0,00236962	0,00180219	0,00146012	0,00100193
	0.4	0,01223421	0,00558481	0,00435649	0,00296208	0,00189156	0,00151256	0,00093141	0,00055842	0,00074204
	0.5	0,00686574	0,00411592	0,0031843	0,00154454	0,00121127	0,00134569	0,00082573	0,00092907	0,00082985
	0.6	0,00255423	0,00167404	0,00254374	0,00168432	0,00074966	0,00089608	0,00051324	0,00075739	0,00020414
	0.7	0,00369106	0,00184771	0,00133119	0,00104131	0,00108913	0,00068341	0,00042522	0,00048317	0,00057149
	0.8	0,00180741	0,00086461	0,00087638	0,00067758	0,00074374	0,00058098	0,00070027	0,00058686	0,00061965
	0.9	0,00122421	0,0006265	0,00059139	0,00064036	0,0002898	0,0003685	0,00077276	0,00087588	0,00074964
	1	0,00107898	0,00055285	0,00045411	0,00039309	0,00026607	0,0003888	0,00086612	0,00065972	0,0011131
	1.1	0,0003678	0,00057106	0,00058041	0,00087305	0,00031741	0,00054969	0,00034932	0,00073651	0,00058052



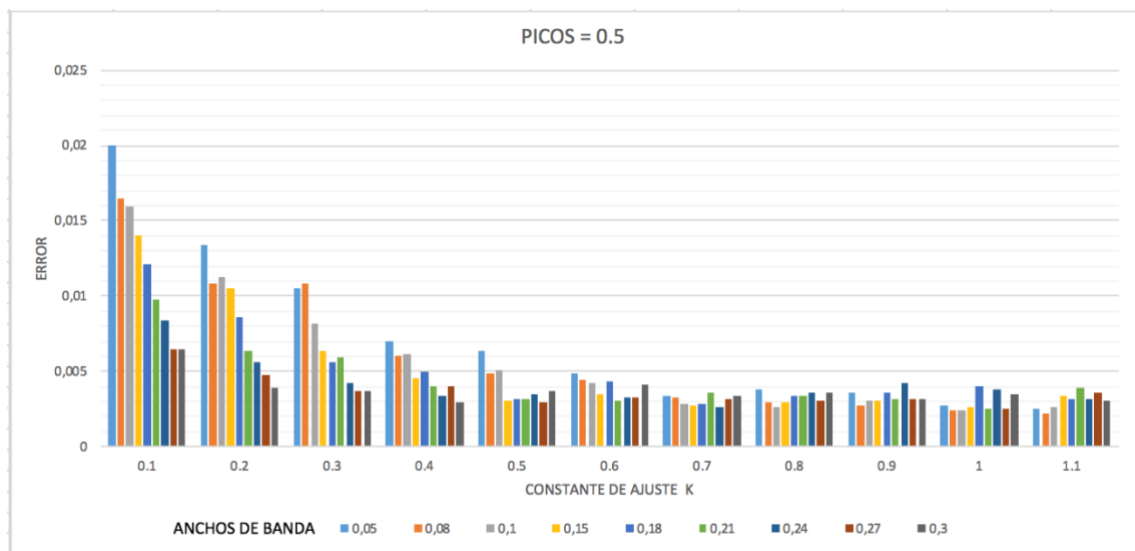
8.2.2. PICOS = 0.25

PICOS = 0.25		BANDAS								
CONSTANTES		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
	0.1	0,02358044	0,02502946	0,02312826	0,01307197	0,01180648	0,00866272	0,00684928	0,00587271	0,003431
	0.2	0,01235412	0,01356784	0,0175334	0,0086953	0,00787544	0,00558953	0,00349746	0,00314595	0,00197241
	0.3	0,01130315	0,00906031	0,00938943	0,00608981	0,00467613	0,00297283	0,0025079	0,00175519	0,00228072
	0.4	0,00778792	0,00522367	0,0046747	0,00348843	0,00285803	0,00270919	0,00214537	0,0014803	0,00137536
	0.5	0,00536893	0,00516116	0,00374729	0,00259204	0,00195526	0,00209235	0,00141814	0,00099812	0,00143323
	0.6	0,00382854	0,00292548	0,00211305	0,002156	0,00155891	0,00203998	0,00138255	0,00117268	0,00139266
	0.7	0,00269675	0,00235271	0,00167793	0,0017057	0,00129421	0,0015119	0,00169198	0,00159934	0,00091513
	0.8	0,00230527	0,00196051	0,00118951	0,00115213	0,00295633	0,00229126	0,00142981	0,00181055	0,0019277
	0.9	0,00276683	0,00160265	0,00144625	0,00191953	0,00110365	0,00167611	0,00160022	0,0018458	0,00176284
	1	0,0017927	0,00154887	0,00218113	0,00154049	0,00123752	0,0017295	0,001845	0,00150237	0,0011793
	1.1	0,00154657	0,00127878	0,00086824	0,0016084	0,0017601	0,00140125	0,00226235	0,00201434	0,00213271



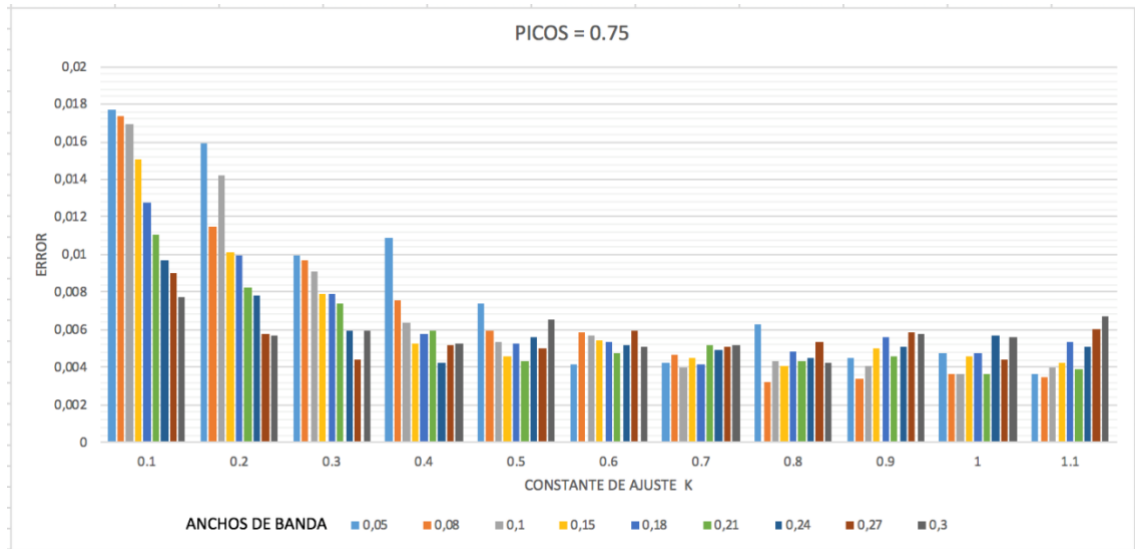
8.2.3. PICOS = 0.5

PICOS = 0.5		BANDAS								
CONSTANTES		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
	0.1	0,01999677	0,01649556	0,01594674	0,01399142	0,01216045	0,00976656	0,00841323	0,00644763	0,00644942
	0.2	0,01344777	0,01084835	0,01126093	0,01049977	0,00861753	0,00632496	0,00558354	0,00477065	0,00395768
	0.3	0,01050459	0,01087949	0,00814633	0,00637973	0,00564458	0,005954	0,00419438	0,0036475	0,00368612
	0.4	0,00700902	0,00607656	0,00611611	0,00450788	0,00499074	0,00396638	0,00339192	0,0040571	0,00294672
	0.5	0,0063346	0,00484	0,00504468	0,00308789	0,00313354	0,00313282	0,00349016	0,00298191	0,00373394
	0.6	0,00484846	0,00444913	0,00426987	0,0034507	0,00436283	0,0030714	0,00325734	0,0032401	0,0041583
	0.7	0,00341847	0,00324447	0,00282749	0,00272274	0,00284802	0,00364545	0,00262383	0,00317303	0,00336239
	0.8	0,00376526	0,00300047	0,00260108	0,00297872	0,00341775	0,00341873	0,00354926	0,00311349	0,00362006
	0.9	0,00358207	0,00269703	0,00302283	0,00310834	0,00360054	0,00318886	0,00418695	0,00319189	0,00317746
	1	0,00269286	0,00237463	0,00241411	0,0026137	0,00398555	0,00250112	0,00380512	0,0025749	0,00351042
	1.1	0,00252328	0,00220607	0,00263709	0,00339724	0,00319131	0,00386524	0,00320828	0,00360061	0,0030309



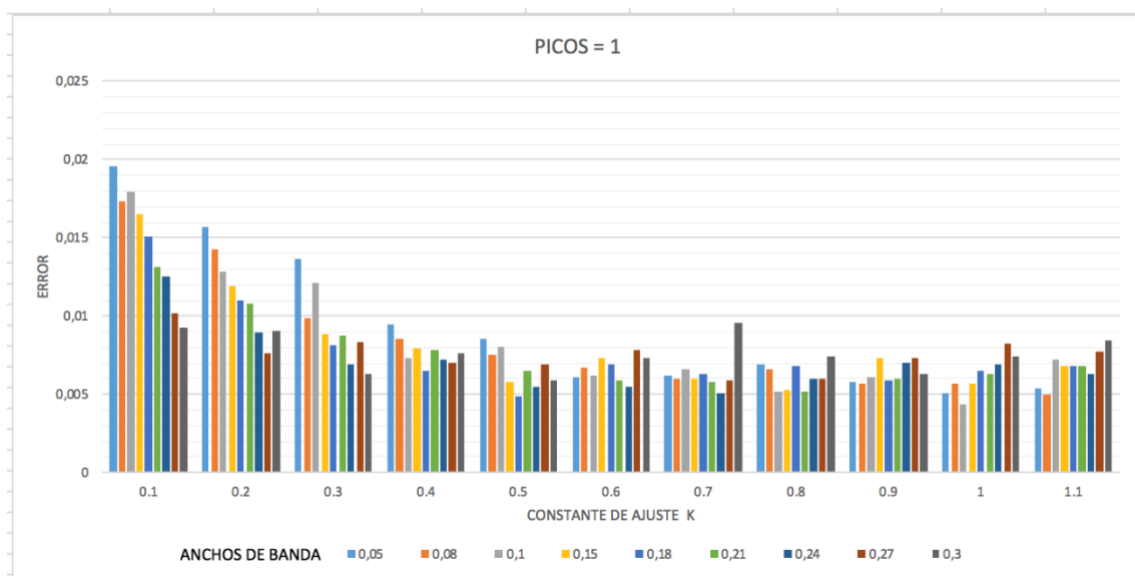
8.2.4. PICOS = 0.75

PICOS = 0.75		BANDAS								
CONSTANTES		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
	0.1	0,01773502	0,01740557	0,01695925	0,01503653	0,01277017	0,0110827	0,00970576	0,0089985	0,00771098
	0.2	0,01593976	0,01144683	0,01421547	0,01014014	0,00997018	0,00822709	0,0078189	0,00581021	0,00565858
	0.3	0,00996525	0,00969769	0,00912145	0,00792811	0,00788815	0,00738664	0,00595189	0,00437328	0,00590704
	0.4	0,01087898	0,00760285	0,00634651	0,00521902	0,00576998	0,00597095	0,00420257	0,00516179	0,0052921
	0.5	0,00738835	0,0059813	0,00537319	0,00461168	0,00524167	0,00434874	0,00563335	0,00499625	0,00657265
	0.6	0,00414545	0,00582237	0,00565551	0,00544685	0,00530753	0,00471009	0,0051879	0,00596374	0,00513253
	0.7	0,00427693	0,0047046	0,00401232	0,00451602	0,00419446	0,00519942	0,00495799	0,00508483	0,00514803
	0.8	0,00627233	0,00320647	0,00433077	0,00406031	0,00482248	0,00434733	0,00445673	0,00532667	0,004206
	0.9	0,00445589	0,00340314	0,00410014	0,00499303	0,00562116	0,00461211	0,00511924	0,00588942	0,00575454
	1	0,0047837	0,00364055	0,00362949	0,00459761	0,0047286	0,00361121	0,00571271	0,00440446	0,00563395
	1.1	0,00360794	0,00349066	0,00398215	0,00424715	0,00532135	0,00387435	0,00510845	0,006067	0,00671691



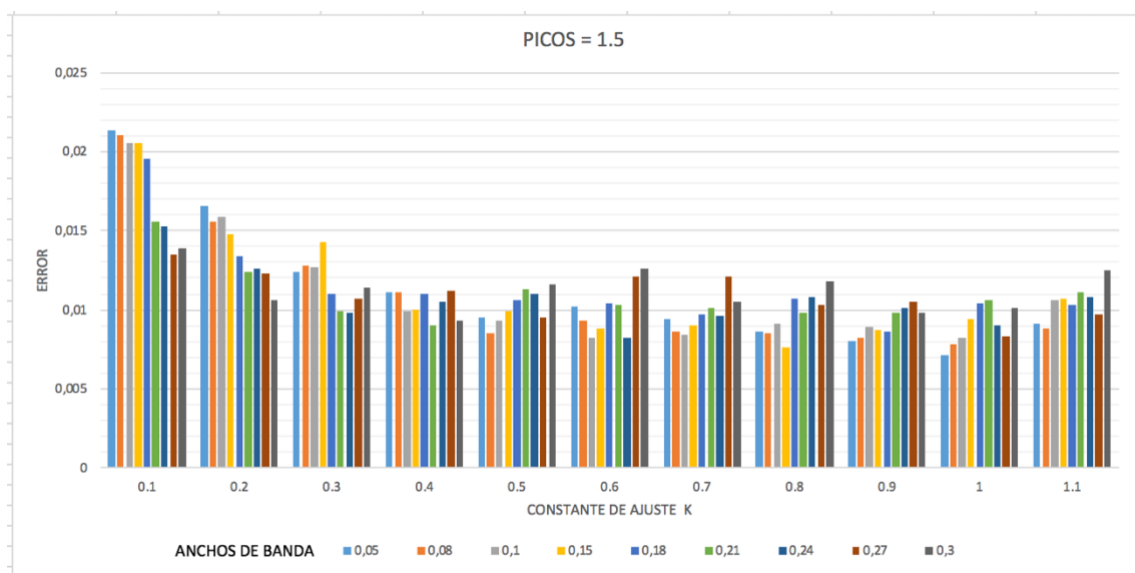
8.2.5. PICOS = 1

PICOS = 1		BANDAS								
CONSTANTES		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
	0.1	0,01961302	0,01729077	0,01791003	0,01651316	0,01513553	0,01317584	0,01253115	0,01016978	0,00921657
	0.2	0,01567272	0,0143137	0,01280049	0,01195367	0,01097676	0,01076593	0,00892957	0,00762438	0,00905552
	0.3	0,01364095	0,00986247	0,01211153	0,00888362	0,00814909	0,00876143	0,0069216	0,00830753	0,00631688
	0.4	0,0094354	0,00859671	0,00734152	0,00796524	0,00650518	0,00785812	0,00720134	0,00703277	0,00765959
	0.5	0,00851536	0,00750242	0,00807792	0,0057884	0,00487677	0,00649895	0,00553595	0,00686724	0,00588328
	0.6	0,0061007	0,00670793	0,00624989	0,00732653	0,00690059	0,00593737	0,00544771	0,00779901	0,00728801
	0.7	0,00619426	0,00595863	0,00661186	0,00598725	0,00631049	0,00580679	0,00505839	0,00594191	0,00958655
	0.8	0,00689574	0,00665403	0,00517951	0,00527622	0,00684837	0,00516444	0,0060355	0,00596792	0,00747673
	0.9	0,00576823	0,00571962	0,00604955	0,00734038	0,00590865	0,00596025	0,00697951	0,00729495	0,00635298
	1	0,00508325	0,00566173	0,00440329	0,00572198	0,0064865	0,00632582	0,00691804	0,00819999	0,00744242
	1.1	0,00541636	0,00497144	0,0072332	0,00683252	0,00681663	0,00683692	0,00631884	0,00774438	0,00842597



8.2.6. PICOS = 1.5

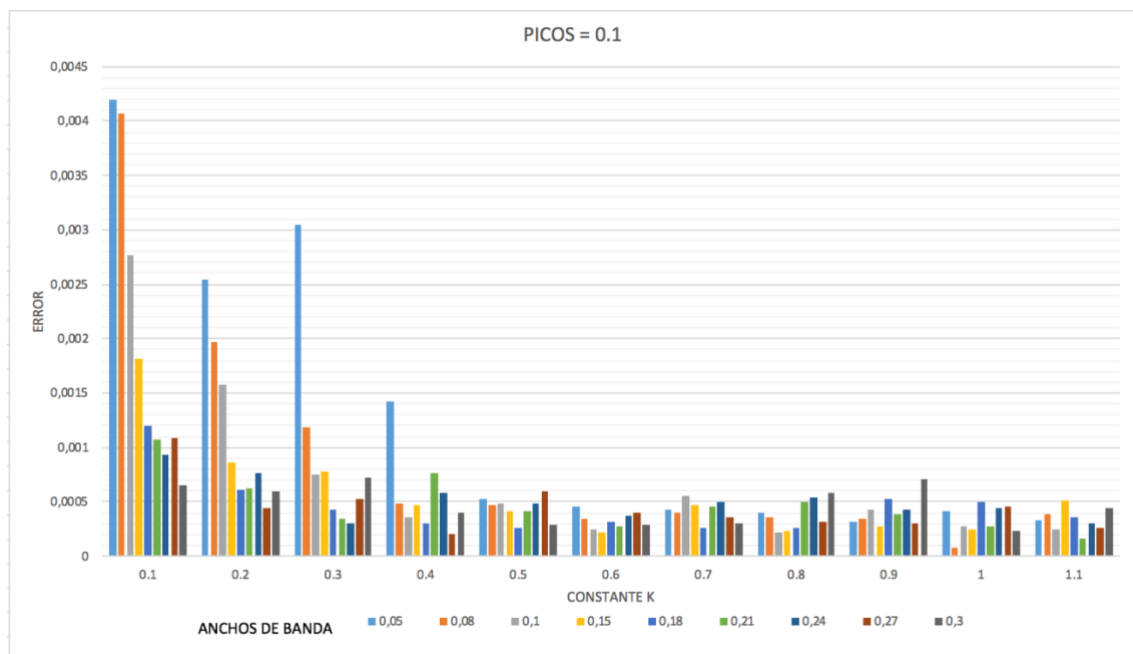
PICOS = 1.5		BANDAS								
CONSTANTES		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
	0.1	0,02136325	0,02104318	0,02054215	0,02050066	0,01954312	0,01560129	0,0152671	0,01346488	0,01392806
	0.2	0,01658857	0,01556171	0,01588812	0,01481627	0,01335143	0,01237001	0,01255336	0,01225104	0,01059207
	0.3	0,01237192	0,01283049	0,01267882	0,01428352	0,01104513	0,00992889	0,00982048	0,01072674	0,01138358
	0.4	0,0110854	0,01112523	0,00987104	0,00997975	0,01103385	0,00901157	0,0105056	0,01116635	0,00931084
	0.5	0,00946479	0,00847374	0,00928673	0,00987828	0,01061735	0,01126475	0,01096056	0,00954902	0,01159738
	0.6	0,01022743	0,00929014	0,00822861	0,00878576	0,0104116	0,01027956	0,00817111	0,01209225	0,01256773
	0.7	0,00944668	0,0085746	0,00842694	0,00901666	0,00968999	0,01005699	0,00959933	0,01209604	0,01048854
	0.8	0,00861899	0,00850274	0,00914231	0,00766352	0,01074682	0,00981763	0,01077734	0,01026921	0,01178351
	0.9	0,00801452	0,00818173	0,00892544	0,00868557	0,00860258	0,00982202	0,01010092	0,01050299	0,0098049
	1	0,00711247	0,0078132	0,00821114	0,00936558	0,01042506	0,01063461	0,00905216	0,00827416	0,01009187
	1.1	0,00914573	0,0088174	0,01063037	0,01067174	0,01031161	0,01106775	0,01076061	0,00975719	0,01249464



8.3. REALES DE DIA

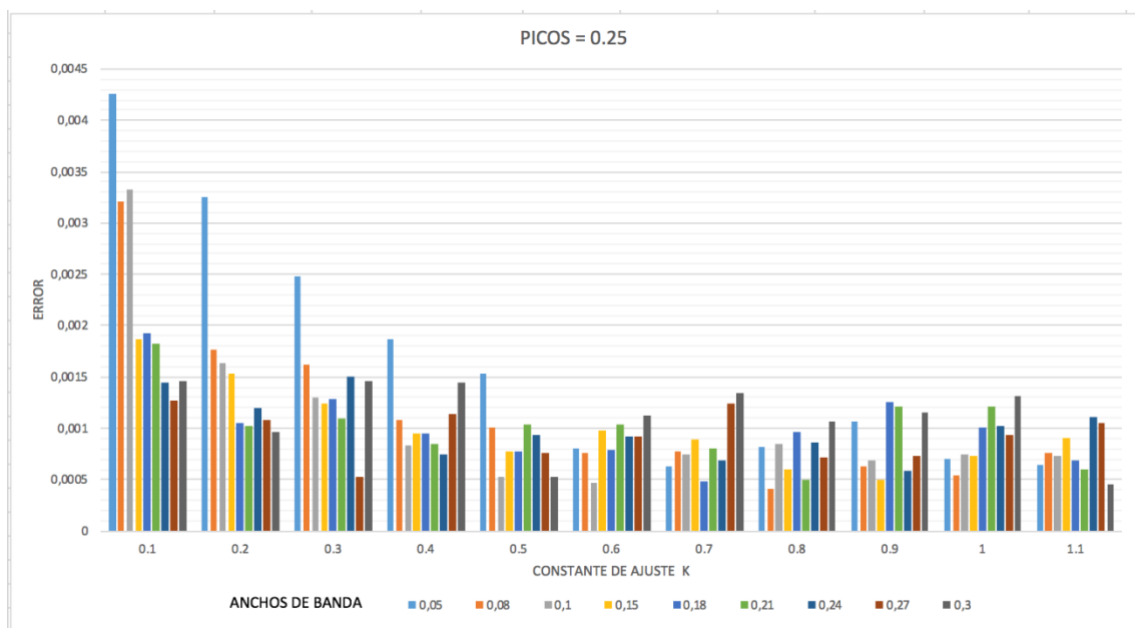
8.3.1. PICOS = 0.1

PICOS = 0.1		BANDAS								
		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
CONSTANTES	0.1	0,0042012	0,0040699	0,0027702	0,0018112	0,001204	0,001067376	0,0009342	0,001090886	0,0006476
	0.2	0,0025488	0,0019717	0,0015716	0,0008702	0,0006134	0,00062214	0,0007655	0,000438584	0,000594
	0.3	0,0030442	0,0011831	0,000749	0,0007798	0,000428	0,000352272	0,0003039	0,000533968	0,0007188
	0.4	0,0014166	0,0004844	0,0003648	0,000474	0,0003034	0,000765966	0,0005882	0,000202759	0,0004022
	0.5	0,0005323	0,0004672	0,0004881	0,0004205	0,0002657	0,000417811	0,0004831	0,000591899	0,0002835
	0.6	0,000463	0,0003403	0,0002488	0,0002145	0,0003138	0,000282509	0,000378	0,000403959	0,0002933
	0.7	0,0004327	0,0004057	0,0005524	0,0004789	0,0002662	0,000455616	0,0004996	0,00035782	0,0002987
	0.8	0,000403	0,000353	0,000214	0,0002339	0,0002571	0,000504505	0,000537	0,00032137	0,000582
	0.9	0,0003162	0,0003415	0,0004258	0,000273	0,0005281	0,000393537	0,0004286	0,000305212	0,0007121
	1	0,0004221	8,496E-05	0,0002716	0,0002504	0,0005037	0,000277641	0,0004466	0,000463967	0,0002359
	1.1	0,0003359	0,0003944	0,000243	0,0005113	0,000356	0,000168467	0,0002989	0,000258324	0,0004462



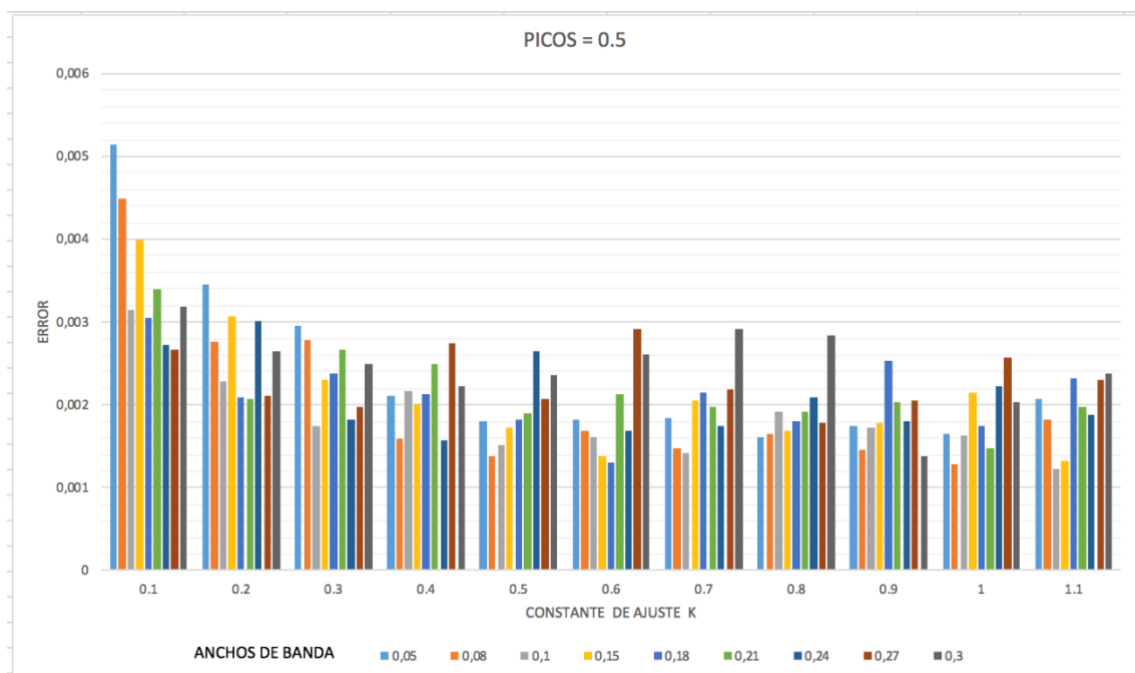
8.3.2. PICOS = 0.25

PICOS = 0.25		BANDAS								
		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
CONSTANTES	0.1	0,00426018	0,003213547	0,00332174	0,00186175	0,0019225	0,00182585	0,001438351	0,00127035	0,00145492
	0.2	0,00325916	0,001759673	0,00163393	0,00153495	0,00105927	0,00102967	0,001201765	0,00107873	0,00096141
	0.3	0,0024737	0,001618701	0,00130489	0,00124653	0,00128578	0,00109877	0,001503956	0,00052073	0,00145392
	0.4	0,00186829	0,001078495	0,00083819	0,00095485	0,00095371	0,00084529	0,000746462	0,00113257	0,00144957
	0.5	0,00153913	0,001011508	0,00052846	0,00078038	0,00077547	0,00103208	0,000942458	0,00075837	0,00052308
	0.6	0,0008114	0,000754369	0,00047305	0,00098348	0,00078271	0,00104233	0,000914104	0,00092101	0,00112258
	0.7	0,00062223	0,000769693	0,00075097	0,0008857	0,00048393	0,00080585	0,000692295	0,0012465	0,00134562
	0.8	0,00081616	0,00040891	0,00084973	0,00059532	0,00095814	0,0004981	0,000860079	0,00071297	0,00106003
	0.9	0,00106881	0,000622207	0,00068128	0,0004975	0,00124922	0,00120556	0,000591756	0,00073686	0,00115017
	1	0,00069926	0,000543275	0,00073868	0,00073626	0,00101036	0,00120742	0,001017651	0,00093012	0,0013176
	1.1	0,00064154	0,000766908	0,0007246	0,00090296	0,00068732	0,00059386	0,001105331	0,00104692	0,00045283



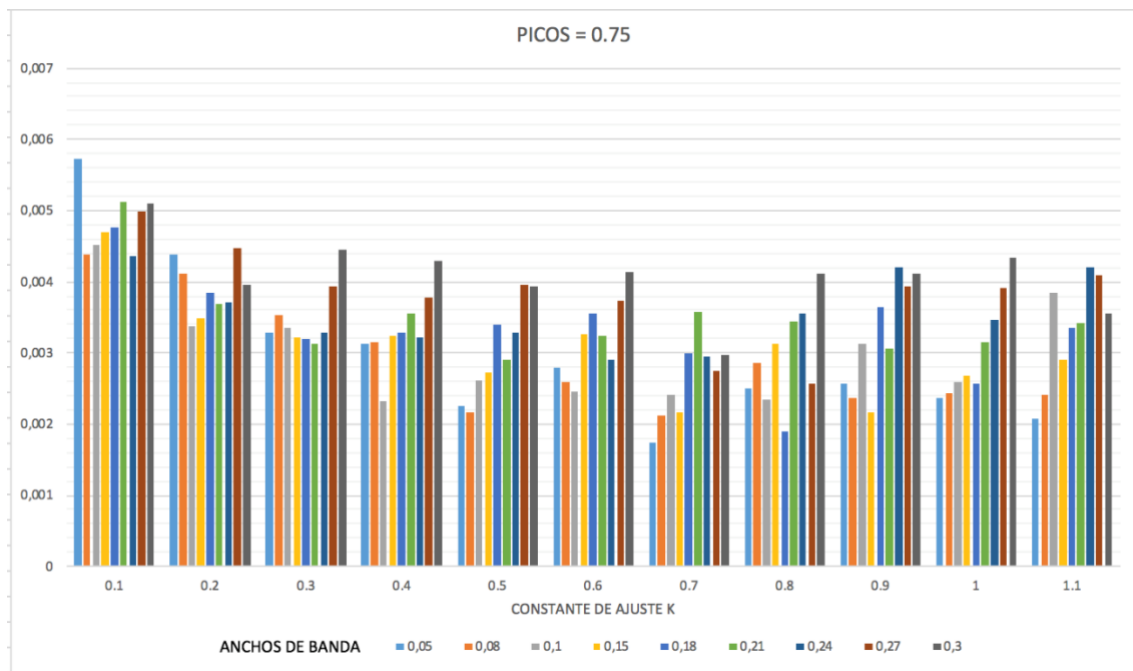
8.3.3. PICOS = 0.5

PICOS = 0.5		BANDAS								
		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
CONSTANTES	0.1	0,00514506	0,00448667	0,003148805	0,0039881	0,0030425	0,00339886	0,00272173	0,00267331	0,00318948
	0.2	0,003458	0,00276847	0,002291834	0,00307467	0,00209424	0,00207335	0,00301154	0,00211551	0,00263892
	0.3	0,00296249	0,00277513	0,001739439	0,00229656	0,00238297	0,00267262	0,00181725	0,00197784	0,00249146
	0.4	0,00211807	0,00158491	0,002159449	0,00201024	0,00212186	0,00248784	0,00157689	0,0027413	0,00222798
	0.5	0,0017947	0,00138583	0,001523374	0,00172481	0,00181897	0,00190547	0,00264294	0,00207439	0,00235532
	0.6	0,00181793	0,00168249	0,001614493	0,0013807	0,00130481	0,00213011	0,0016866	0,00291323	0,00260641
	0.7	0,00184812	0,001471	0,001427541	0,00205864	0,00214809	0,00198449	0,0017546	0,00219055	0,0029096
	0.8	0,00161066	0,00164921	0,001924325	0,00167983	0,00179891	0,00192298	0,00208863	0,00178118	0,00283742
	0.9	0,00174657	0,00146309	0,001732866	0,0017788	0,00252666	0,00203126	0,00180785	0,00204681	0,00138652
	1	0,00165641	0,00129249	0,001639782	0,00215776	0,00174641	0,00148331	0,00222819	0,00257043	0,00202631
	1.1	0,00206682	0,00183105	0,001230937	0,00132167	0,00232984	0,00197861	0,00188382	0,00229903	0,00238206



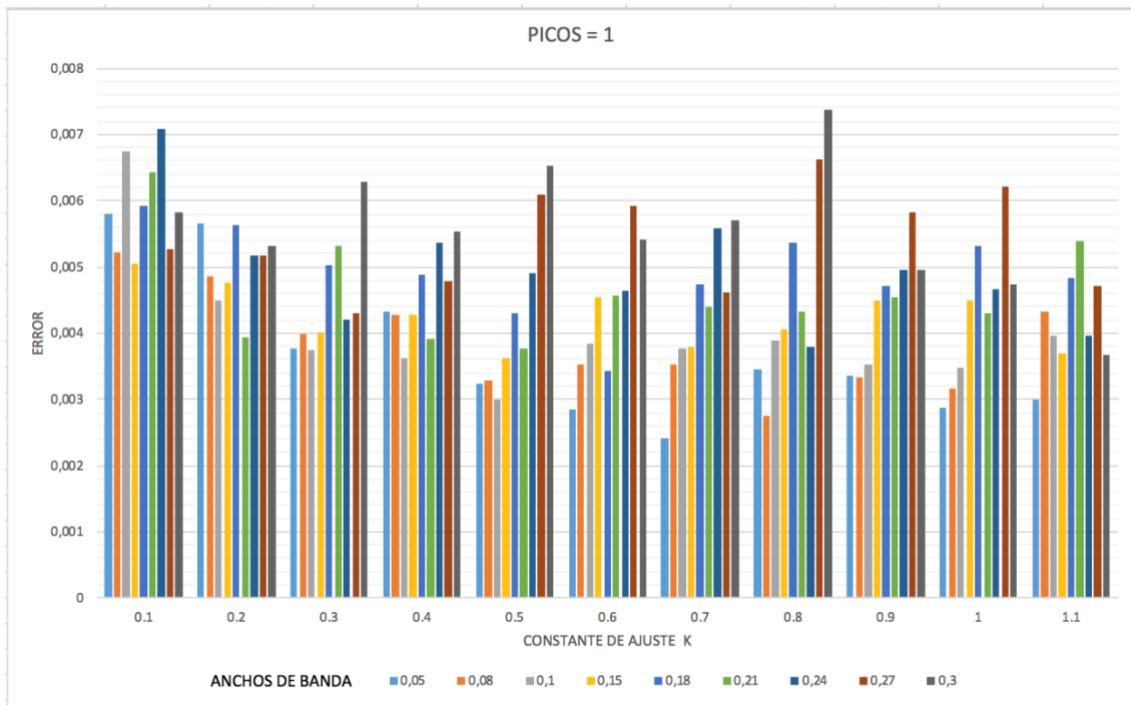
8.3.4. PICOS = 0.75

PICOS = 0.75		BANDAS								
		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
CONSTANTES	0.1	0,00572341	0,00439006	0,0045111	0,00470357	0,00476643	0,0051118	0,00437095	0,00497602	0,00509265
	0.2	0,00437221	0,00410385	0,00337105	0,0034928	0,00385251	0,00368533	0,00370778	0,00446909	0,00396356
	0.3	0,00329297	0,00354132	0,00334421	0,00321531	0,00318468	0,00313517	0,00328883	0,00393924	0,00445295
	0.4	0,00313288	0,00314985	0,00231748	0,00325038	0,00328046	0,00355817	0,00321825	0,00377819	0,00428162
	0.5	0,00226389	0,00215737	0,0026031	0,0027254	0,0033928	0,00291484	0,00328758	0,0039494	0,00394515
	0.6	0,00278549	0,00260086	0,00244812	0,00326107	0,00355108	0,00322996	0,00290502	0,00372804	0,00412936
	0.7	0,00174723	0,00211367	0,00240265	0,00216832	0,00299941	0,00357028	0,00293888	0,00275775	0,00296511
	0.8	0,00250709	0,00285919	0,00234567	0,00312996	0,0018959	0,00345046	0,00355317	0,00256651	0,0041196
	0.9	0,00257425	0,00237431	0,00313734	0,00216424	0,00364799	0,00306585	0,00420277	0,0039431	0,00411427
	1	0,00237426	0,00244458	0,00259498	0,0026826	0,00257477	0,00316133	0,0034626	0,00392174	0,00434497
	1.1	0,00207892	0,0024075	0,00383664	0,00290149	0,00334433	0,00342224	0,00420609	0,00408407	0,00355654



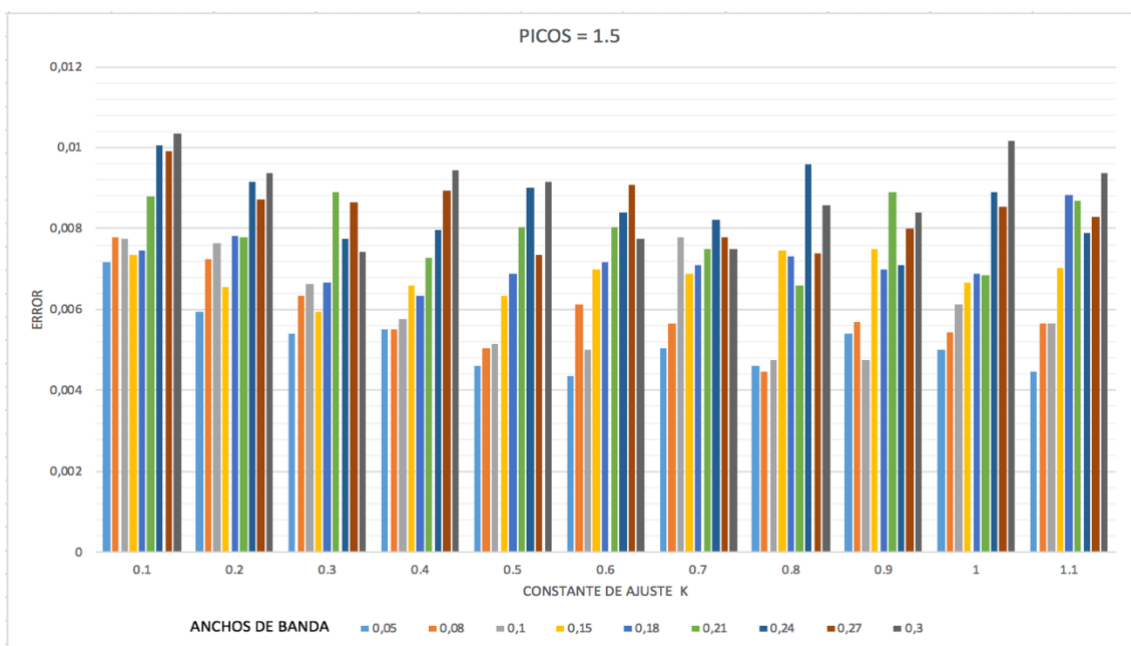
8.3.5. PICOS = 1

PICOS = 1		BANDAS								
		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
CONSTANTES	0.1	0,00580856	0,00521799	0,0067515	0,00503832	0,00592865	0,00643101	0,00709176	0,00526169	0,00582225
	0.2	0,00566312	0,00485715	0,0044851	0,00476845	0,00561941	0,00394565	0,00518158	0,00515915	0,00531657
	0.3	0,00376327	0,00398713	0,00373296	0,00399854	0,00503209	0,00530971	0,00419255	0,00429992	0,00627808
	0.4	0,00431461	0,00426646	0,00363059	0,00426909	0,00488941	0,00391533	0,00536935	0,00478144	0,00552709
	0.5	0,00324209	0,00327865	0,00299026	0,0036282	0,00430095	0,00376273	0,00489644	0,00608329	0,00653227
	0.6	0,00283756	0,00353775	0,00384857	0,00455371	0,00343109	0,00456058	0,00462915	0,00592607	0,00542469
	0.7	0,00242185	0,00353798	0,00376634	0,00379256	0,00473158	0,00440021	0,00557672	0,00462237	0,00570634
	0.8	0,00344257	0,00275442	0,00388752	0,00404941	0,00535788	0,00433051	0,00379547	0,00661969	0,00738098
	0.9	0,0033485	0,00333333	0,00351566	0,00450542	0,0047222	0,00453862	0,00494923	0,00581421	0,00495536
	1	0,00288438	0,00315168	0,00348531	0,00449837	0,00530555	0,00429766	0,00466183	0,00622349	0,00472928
	1.1	0,00299459	0,00432957	0,00396476	0,00369514	0,00483232	0,0053918	0,00395193	0,00470786	0,00367993



8.3.6. PICOS = 1.5

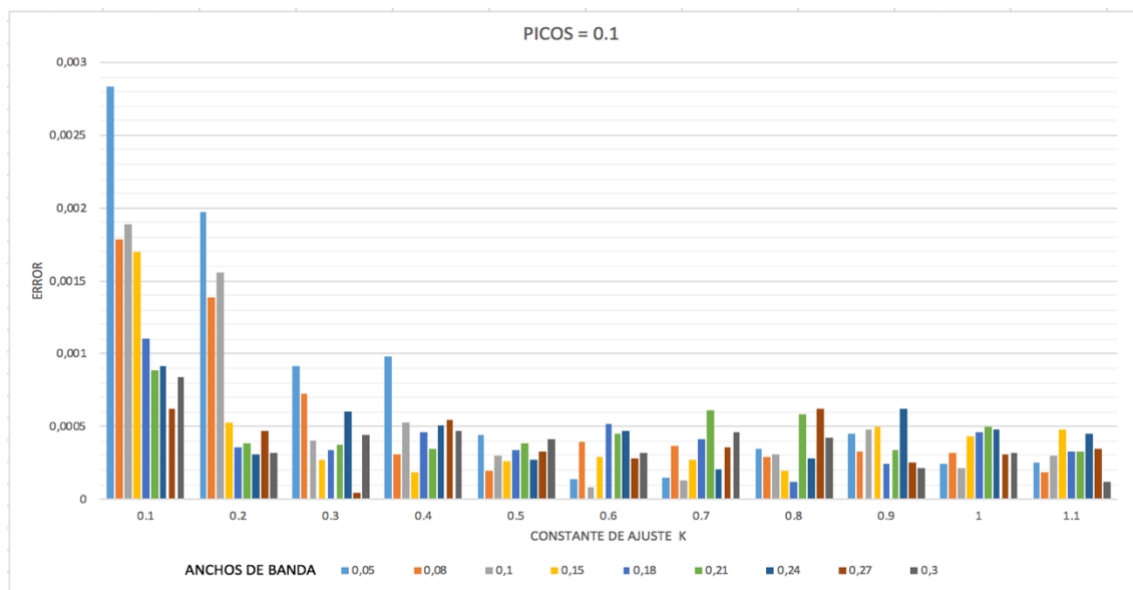
PICOS = 1.5		BANDAS								
CONSTANTES		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
	0.1	0,00715579	0,00779932	0,00775881	0,0073532	0,00746676	0,00879958	0,01005639	0,0099285	0,01033838
	0.2	0,00593502	0,00722468	0,00762581	0,0065646	0,00781102	0,00778194	0,0091554	0,0087307	0,00937372
	0.3	0,00539502	0,00632993	0,00661838	0,00595403	0,00665568	0,00890416	0,00773664	0,00865547	0,00741397
	0.4	0,00550343	0,00552107	0,00574959	0,0065928	0,00635709	0,00726563	0,00795116	0,00895344	0,00945227
	0.5	0,00460898	0,00502358	0,00514247	0,00633558	0,00689711	0,0080232	0,00899386	0,00733303	0,00914734
	0.6	0,00437298	0,00612395	0,00501901	0,00698139	0,00716412	0,00802706	0,00841068	0,00908182	0,00774825
	0.7	0,00505507	0,00565719	0,00779725	0,00688526	0,00710362	0,00749183	0,00820728	0,00776659	0,00749603
	0.8	0,00461246	0,00444993	0,00474962	0,0074719	0,00730676	0,00657568	0,00956984	0,00738981	0,00856521
	0.9	0,00540616	0,00569378	0,00474929	0,00748148	0,00698407	0,00889225	0,00710235	0,00800678	0,00841166
	1	0,00498877	0,00544342	0,00611438	0,00665641	0,0068775	0,00685661	0,00891788	0,00852258	0,0101548
	1.1	0,00445509	0,00564807	0,00566172	0,00702453	0,00881908	0,00867489	0,00789947	0,00828641	0,00935402



8.4. REALES DE NOCHE

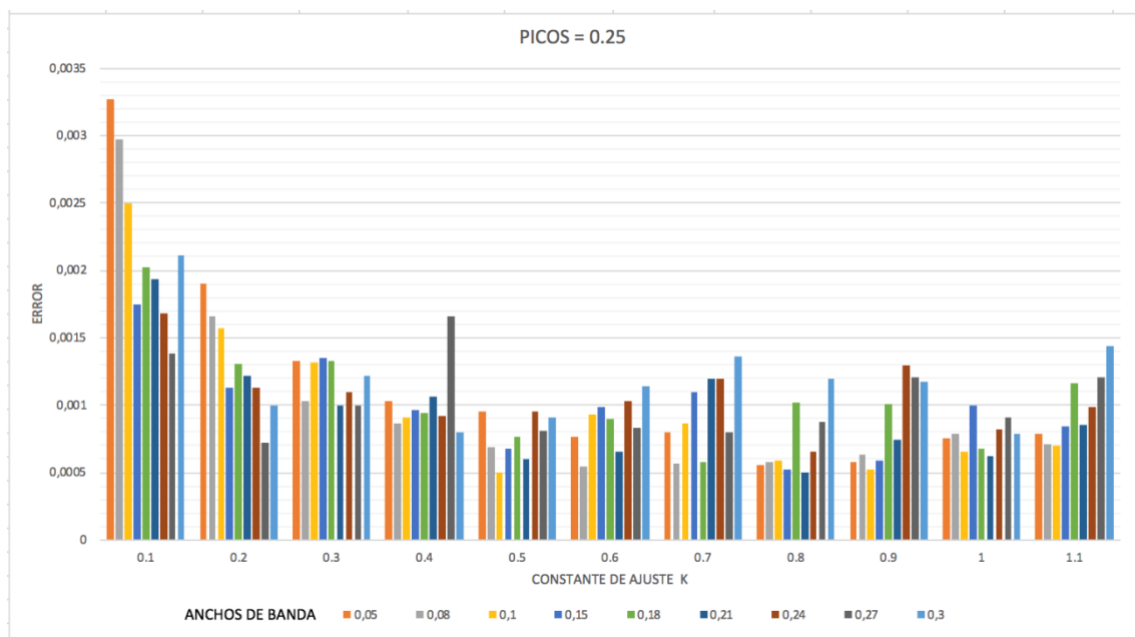
8.4.1. PICOS = 0.1

PICOS = 0.1		BANDAS								
		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
CONSTANTES	0.1	0,00283363	0,00178239	0,0018886	0,00169569	0,00110723	0,000883601	0,00091718	0,000622101	0,00083773
	0.2	0,00197713	0,00138707	0,00155605	0,0005314	0,00035916	0,000381913	0,00031289	0,000472609	0,00031449
	0.3	0,00091761	0,0007259	0,00040679	0,00027392	0,00033791	0,000374693	0,00060094	4,01383E-05	0,00043725
	0.4	0,0009851	0,00030757	0,00052731	0,00018614	0,00046222	0,000348577	0,00051151	0,000542552	0,00047296
	0.5	0,00044433	0,0001997	0,00030207	0,00025784	0,00033849	0,000389165	0,00027009	0,000331131	0,0004133
	0.6	0,00013913	0,00039422	7,992E-05	0,00028711	0,00051913	0,000454906	0,00046984	0,000279657	0,00031907
	0.7	0,00014457	0,00036455	0,00013421	0,00027225	0,00041475	0,000608974	0,00020875	0,000356366	0,00046336
	0.8	0,00034709	0,00028959	0,00030523	0,00019384	0,00012267	0,000580036	0,0002839	0,000618771	0,0004224
	0.9	0,00045588	0,00033152	0,00048378	0,00050179	0,000246	0,000339759	0,00061717	0,000251606	0,00021572
	1	0,00023873	0,00032225	0,00021786	0,00043268	0,00045886	0,000494399	0,00048434	0,00031213	0,00032284
	1.1	0,00025154	0,00018855	0,0003012	0,00047883	0,00032933	0,000327888	0,00045383	0,000350331	0,00011898



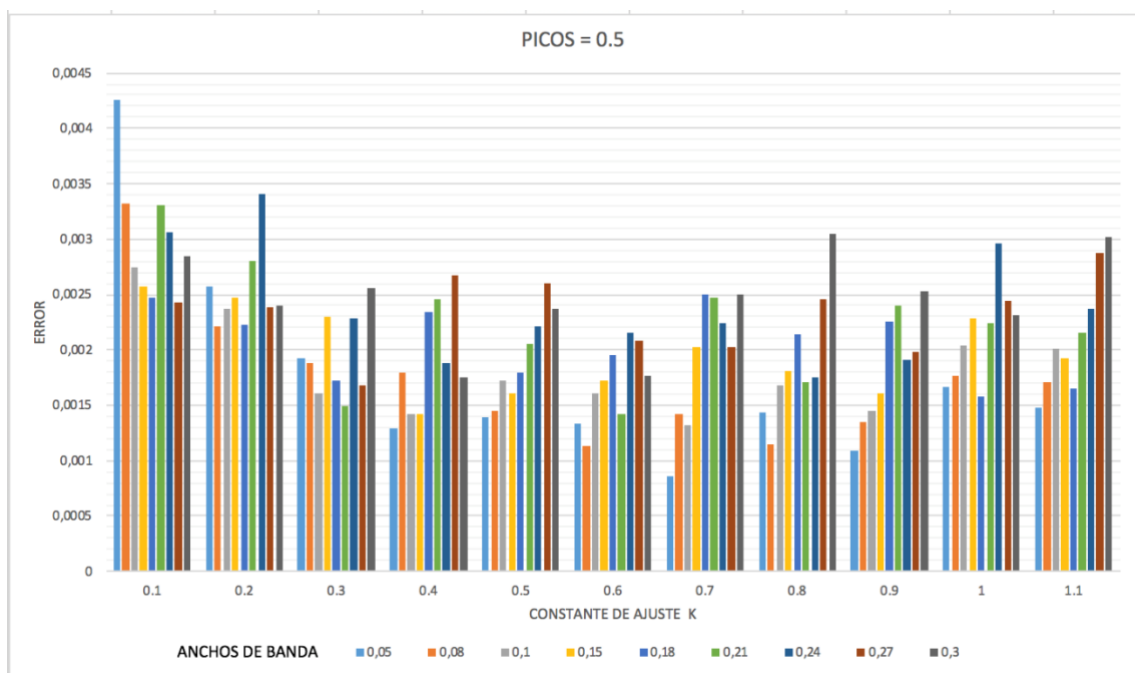
8.4.2. PICOS = 0.25

PICOS = 0.25		BANDAS								
CONSTANTES		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
	0.1	0,00327427	0,002972607	0,00250155	0,001747981	0,00201837	0,00193136	0,00168249	0,00137841	0,002111105
	0.2	0,00190306	0,001660224	0,00157216	0,001133396	0,00130554	0,00121221	0,00112833	0,00072132	0,000997912
	0.3	0,00133011	0,001029573	0,00131829	0,001348256	0,00132394	0,00099571	0,00109157	0,00099337	0,001221408
	0.4	0,00102634	0,000866334	0,00090716	0,000964069	0,00093787	0,00106594	0,00091839	0,00166038	0,000801865
	0.5	0,00095288	0,000689233	0,0004974	0,000677044	0,00076603	0,00059704	0,00095657	0,00080991	0,000910987
	0.6	0,00076471	0,000541435	0,00093315	0,00098676	0,0009012	0,00065079	0,00102937	0,00083262	0,001143879
	0.7	0,00079723	0,000567093	0,00086106	0,00110097	0,00058249	0,00119124	0,00119803	0,0007978	0,001364407
	0.8	0,00055817	0,000577254	0,00059098	0,000520167	0,00102339	0,00049478	0,0006502	0,00087895	0,001192513
	0.9	0,00058083	0,000636237	0,00052328	0,000592532	0,001005	0,00074044	0,00129941	0,00120734	0,001168356
	1	0,00075083	0,000784429	0,00065572	0,001001228	0,00067399	0,00062711	0,00081564	0,00090369	0,000785584
	1.1	0,0007875	0,000708908	0,00069616	0,000839262	0,00115842	0,00084778	0,00098174	0,00120829	0,001433746



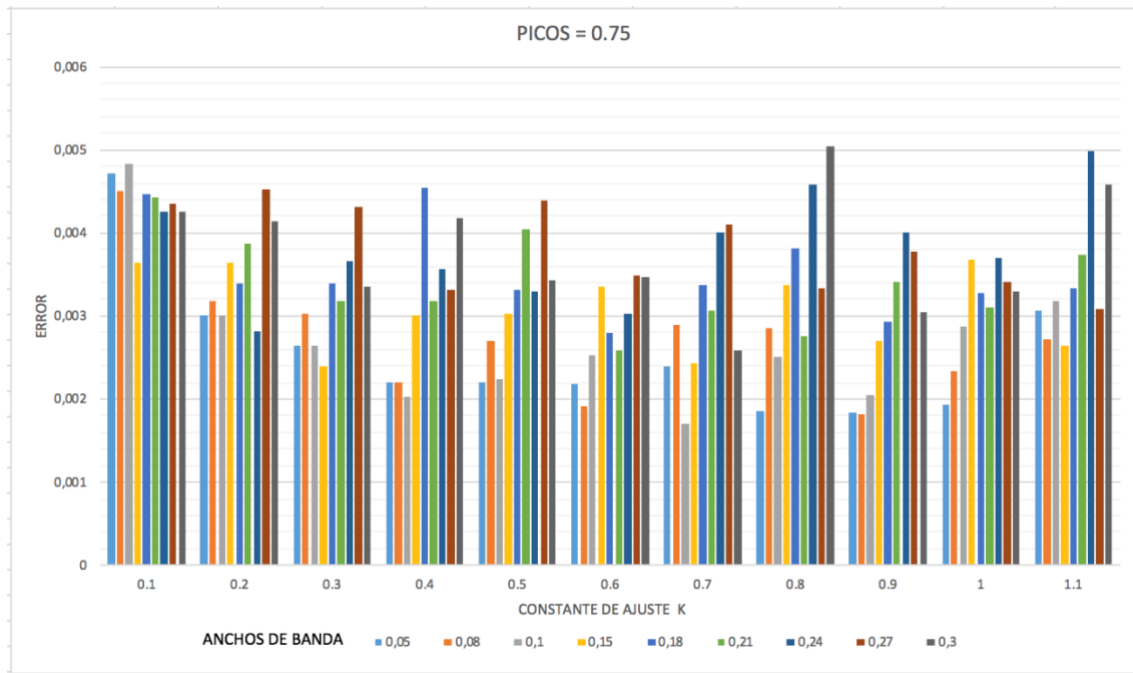
8.4.3. PICOS = 0.5

PICOS = 0.5		BANDAS								
		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
CONSTANTES	0.1	0,0042579	0,00332548	0,00273827	0,00257583	0,002476888	0,00330414	0,00306787	0,00243275	0,00284408
	0.2	0,0025664	0,00220563	0,00236622	0,00246798	0,002220484	0,0028039	0,00340503	0,00238701	0,00239607
	0.3	0,00192279	0,00188496	0,00161341	0,00229824	0,001723869	0,00149804	0,00228251	0,00168711	0,00256225
	0.4	0,00128826	0,00179704	0,00141586	0,00142047	0,002346691	0,00245557	0,00187576	0,00267774	0,00174863
	0.5	0,00139792	0,0014542	0,00172597	0,00160549	0,001797078	0,00204723	0,00220803	0,00260694	0,00236992
	0.6	0,00133746	0,00112722	0,00161127	0,00172063	0,001960418	0,00142567	0,00214845	0,0020898	0,00176061
	0.7	0,00085948	0,00142524	0,00132097	0,00202733	0,002495353	0,00246572	0,00223924	0,00202664	0,00249473
	0.8	0,00144256	0,00114329	0,00168321	0,00180774	0,002143535	0,00170681	0,00175634	0,00245252	0,00304907
	0.9	0,0010857	0,00134645	0,00145558	0,00161234	0,002257808	0,00240001	0,00191696	0,00198505	0,00253261
	1	0,00167146	0,00176638	0,00203855	0,0022896	0,001574904	0,00224332	0,00296126	0,00244485	0,00231816
	1.1	0,00147519	0,00171059	0,00201415	0,00193	0,001653742	0,0021534	0,00236531	0,0028757	0,00301647



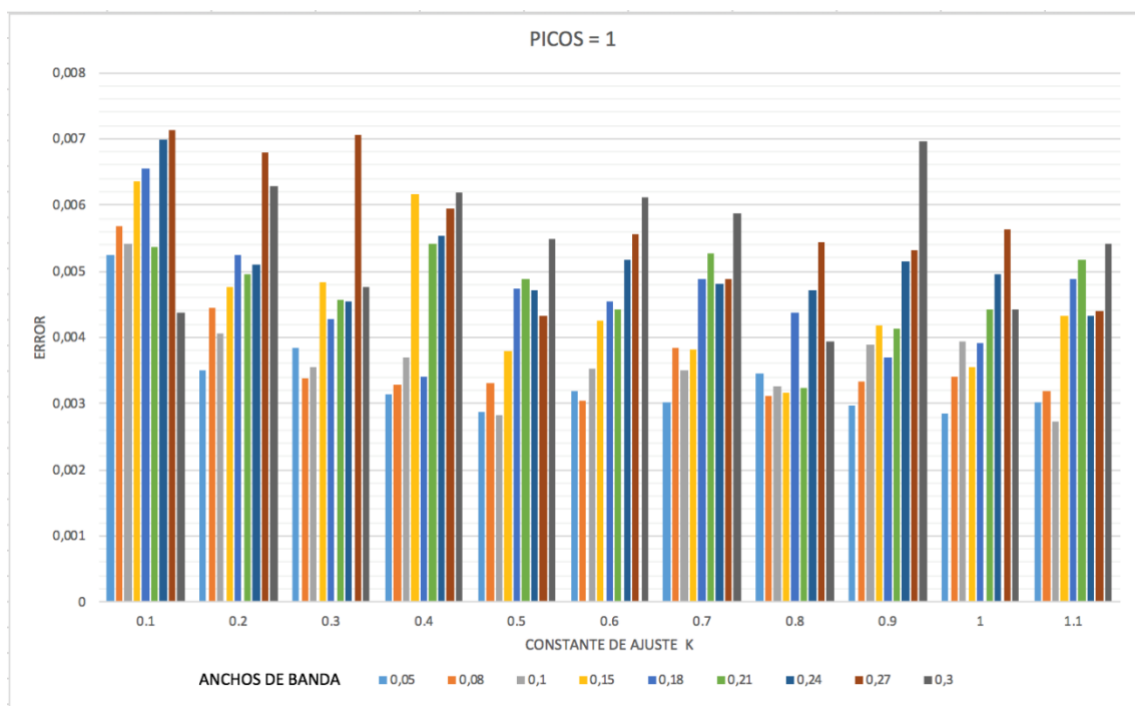
8.4.4. PICOS = 0.75

PICOS = 0.75		BANDAS								
		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
CONSTANTES	0.1	0,004713	0,00451239	0,00483829	0,00363222	0,00447414	0,00442734	0,00425357	0,00435617	0,00425053
	0.2	0,00300111	0,00317548	0,00301648	0,0036418	0,00340086	0,00387392	0,00281592	0,00452259	0,00414814
	0.3	0,00264747	0,00303605	0,00264467	0,00239936	0,00339823	0,00317868	0,00366466	0,00431625	0,00334799
	0.4	0,00219474	0,00220708	0,00202234	0,00300604	0,00454724	0,00317694	0,0035622	0,00331836	0,00418324
	0.5	0,0022086	0,0026949	0,00224137	0,00302248	0,00332071	0,00405297	0,00329249	0,00439821	0,00342051
	0.6	0,00217575	0,00191055	0,00252015	0,00335391	0,0027936	0,00259024	0,00303542	0,00348569	0,00346221
	0.7	0,00239498	0,00289161	0,00170877	0,00242537	0,00336848	0,00307168	0,00400269	0,0040962	0,0025817
	0.8	0,00185794	0,00285757	0,0025167	0,00337432	0,00381153	0,00275764	0,00458545	0,00333226	0,00503685
	0.9	0,00183505	0,00182334	0,00205513	0,00269699	0,00293213	0,00340821	0,00401501	0,003778	0,00305573
	1	0,00193935	0,00233277	0,00286419	0,00368641	0,00328034	0,00310979	0,00370539	0,00341402	0,00329628
	1.1	0,0030618	0,00271402	0,00317907	0,00263541	0,00332829	0,00373008	0,00498784	0,00307952	0,00458007



8.4.5. PICOS = 1

PICOS = 1		BANDAS								
		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
CONSTANTES	0.1	0,00524133	0,0056818	0,00541376	0,00634568	0,00655919	0,0053747	0,00698669	0,00713687	0,00437636
	0.2	0,0035095	0,00444497	0,00406082	0,00477165	0,00523806	0,00494482	0,00508884	0,00679061	0,00628255
	0.3	0,00384453	0,00338789	0,00354996	0,00482512	0,00427241	0,00457631	0,00455236	0,00705103	0,00476804
	0.4	0,00314946	0,00328717	0,00369736	0,00615485	0,00341448	0,00541175	0,00554609	0,00594702	0,00619165
	0.5	0,00286272	0,00330306	0,0028194	0,00380409	0,00474228	0,00487797	0,0047168	0,00433638	0,0054755
	0.6	0,00319725	0,00304319	0,00352621	0,00425371	0,00455389	0,00442995	0,00517666	0,00555939	0,00610776
	0.7	0,00300609	0,00384252	0,00350808	0,00380433	0,00488948	0,00526306	0,00480788	0,00488907	0,00586584
	0.8	0,00345478	0,00310805	0,00326756	0,00317281	0,00436456	0,00324207	0,00472252	0,0054454	0,00393208
	0.9	0,00296529	0,00334292	0,0038883	0,00417934	0,00368575	0,00413286	0,00514989	0,00531368	0,00697259
	1	0,00285518	0,00341026	0,00393775	0,00354607	0,00391472	0,00442112	0,00495134	0,00563015	0,0044255
	1.1	0,00300825	0,00318343	0,00272663	0,00433543	0,00489201	0,00517713	0,00431234	0,0043872	0,00540304



8.4.6. PICOS = 1.5

PICOS = 1.5		BANDAS								
CONSTANTES		0,05	0,08	0,1	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
	0.1	0,0069205	0,00655634	0,00741185	0,00923251	0,00887804	0,00752088	0,00858499	0,01074364	0,00901368
	0.2	0,00487083	0,00547572	0,00580808	0,00770655	0,00859985	0,00777068	0,00822729	0,00831	0,010013
	0.3	0,00478298	0,00460152	0,00628784	0,00620823	0,00668566	0,0087161	0,0066302	0,00920438	0,00988219
	0.4	0,00472533	0,0060543	0,00593857	0,00704721	0,00771574	0,00676022	0,00928802	0,00753456	0,00752594
	0.5	0,00522889	0,00514743	0,00557912	0,00625391	0,00748437	0,00780773	0,0090869	0,00761598	0,00816547
	0.6	0,00453422	0,00594447	0,00534433	0,00721105	0,00670232	0,00655392	0,00827566	0,00696881	0,00944384
	0.7	0,00464492	0,00591677	0,00593715	0,00588592	0,00862821	0,00765778	0,00623691	0,00853557	0,00930533
	0.8	0,00428299	0,00431179	0,00631359	0,00657279	0,00668316	0,00758756	0,00860288	0,00818708	0,00856825
	0.9	0,00507489	0,00617284	0,00551618	0,00730296	0,00785694	0,00900358	0,00857062	0,00835752	0,00885585
	1	0,00509889	0,00488276	0,00614608	0,0066936	0,00752512	0,00835596	0,00931405	0,0075952	0,00922476
	1.1	0,00524676	0,00599464	0,00419341	0,00688358	0,00819669	0,00906362	0,00987289	0,00987829	0,00806361

